3 глава

КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И СОСТОЯНИЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ

3.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

Загрязняющие вещества поступают в атмосферный воздух в результате деятельности природных и антропогенных источников, а также в результате регионального и трансграничного переноса.

Задача оценки выбросов является сложной по причине многообразия источников и их сложности, а также процессов, протекающих в атмосфере. На национальном уровне осуществляется учет выбросов от крупных стационарных источников, выполняемый на основании формы статистической отчетности № 1-ос (воздух). Выбросы от мобильных (передвижных) источников оцениваются расчетным путем, информация о выбросах площадных и природных источниках практически отсутствует. Степень полноты информации о выбросах различается также в зависимости от загрязняющего вещества. Наиболее полным являются данные о выбросах оксидов серы и азота, оксида углерода и твердых веществ; значительно менее полными представляются данные о выбросах тяжелых металлов, аммиака, стойких органических загрязнителей (СОЗ).

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

Выбросы от стационарных источников

В 2011 г. в Беларуси по форме отчета № 1-ос (воздух) отчиталось 1898 организаций, что на 14 больше, чем в 2010 г. Количество учтенных источников выбросов составило 125,2 тыс. и сократилось на 2,8 тыс. по отношению к 2010 г.

Выбросы от стационарных источников в 2011 г. составили 370,8 тыс.т, в том числе от технологических, производственных и других процессов – 279,4 тыс.т (75%), от сжигания топлива – 91,4 тыс.т (25%). Так же как и в предыдущем году, доля выбросов от технологических процессов увеличилась, а от процессов сжигания уменьшилась (на 5% по сравнению с 2010 г.).

Отрасли экономики. Наибольшее количество загрязняющих веществ в 2011 г. было выброшено стационарными источниками в промышленности (72% валовых выбросов), в том числе 19% – в энергетике (табл. 3.1). Доля жилищно-коммунального сектора составила 2%, транспорта и связи – 4%, сельского хозяйства – 18%.

Таблица 3.1

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников по основным отраслям хозяйства Беларуси в 2011 г., тыс.т*

Отрасль хозяйства	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углеводороды (без ЛОС**)	ЛОС	Прочие	Всего
Промышленность	27,7	62,0	42,0	55,1	13,6	60,7	5,4	266,6
в т.ч. электроэнергетика	7,0	18,4	5,6	27,2	11,1	0,6	1,3	71,2
Сельское хозяйство	5,8	3,1	0,7	1,0	37,1	1,2	18,0	66,9
Транспорт и связь	0,6	3,7	0,4	1,1	8,3	1,6	0,0	15,8
Строительство	4,0	3,0	0,6	0,4	1	0,3	0,0	9,3
Жилищно-коммунальное хозяйство	1,4	1,3	0,3	0,3	2,9	1,3	0,2	7,6
Другие отрасли	0,4	0,8	0,2	0,7	0,9	1,8	0	4,7
Всего	39,9	73,9	44,2	58,6	63,8	66,9	23,6	370,9

*Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь. **Летучие органические соединения.

Промышленными стационарными источниками выбрасывается более половины всех загрязняющих веществ. Значительным

источником твердых веществ в дополнение к промышленности выступает сельское хозяйство (15%) и строительство (10%).

По сравнению с 2010 г. в 2011 г. объем валовых выбросов загрязняющих веществ от основных отраслей экономики сократился на 6,2 тыс.т (8%). В 2011 г. по сравнению с предыдущим годом произошло сокращение выбросов всех основных загрязняющих веществ, за исключением углеводородов, выбросы которых увеличились на 10,2 тыс.т (19%). Выбросы твердых веществ сократились на 4,4 тыс.т (10%), оксида углерода – на 1,2 тыс.т (2%), диоксида серы – на 7,5 тыс.т (15%), оксидов азота – на 5,0 тыс.т (8%).

В атмосферный воздух поступает 11,7% загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников. Общая эффективность улавливания загрязняющих веществ составляет 88,3%. Наиболее эффективно улавливаются твердые вещества (98,5%). Уровень удаления остальных загрязняющих веществ значительно ниже: 40% для летучих органических соединений (ЛОС), 36% для оксида углерода, 28% для диоксида серы, 10% для оксидов азота, 2% для углеводородов (без ЛОС). Среди отраслей экономики наилучшей очисткой отходящих газов характеризуется промышленность и строительство, где улавливается соответственно около 88 и 86% всех отходящих загрязняющих веществ. В секторе «Транспорт и связь» улавливается 26% от образующихся от стационарных источников загрязняющих веществ, при операциях с недвижимостью и предоставлении услуг населению – 24%. Эффективность удаления загрязняющих веществ и отходящих газов в других секторах не превышает 10%.

В 2011 г. было выполнено 272 мероприятия по сокращению выбросов, что на 9 больше, чем в 2010 г. Выполнение запланированных мероприятий составило 96,1% (в 2010 г. – 96,6%). В результате выполнения мероприятий выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух были сокращены на 3,5 тыс.т, что на 0,3 тыс.т больше, чем в 2010 г. Сокращение выбросов было достигнуто путем совершенствования технологических процессов (27% от общего сокращения в отчетном году), строительства и ввода в эксплуатацию новых газоочистных установок (27%), повышения эффективности существующих газоочистных установок (14%), ликвидации источников загрязнения (14%), а также других мероприятий (19%).

Наибольшее сокращение выбросов было достигнуто в промышленности (на 2,8 тыс.т) в результате реализации 227 мероприятий. В строительстве реализовано 21 мероприятие, позво-

лившее сократить выбросы на 0,4 тыс.т, в сельском хозяйстве – 12 мероприятий с сокращением выбросов на 0,2 тыс.т.

Города. Наибольшие объемы выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников среди городов страны характерны для Новополоцка (51,2 тыс.т) и Минска (25,7 тыс.т). Более 10 тыс.т загрязняющих веществ выброшено в 2011 г. также в Новолукомле и Гродно. Еще в 12 городах объемы выбросов составили от 2,5 до 10,0 тыс.т (табл. 3.2).

Наибольшее сокращение в 2011 г. к уровню выбросов 2010 г. отмечено в Минске и Новолукомле (по 5,2 тыс.т). Уменьшение выбросов установлено практически во всех крупных городах, исключая Новополоцк, Кричев, Костюковичи и Брест.

Выбросы от мобильных источников

Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми при работе транспортных средств, являются оксид углерода, оксиды азота, твердые вещества (сажа) и летучие органические соединения. Кроме того, при работе мобильных источников в атмосферный воздух поступают также продукты износа дорожного полотна и транспортных средств.

Оценка выбросов загрязняющих веществ за 2011 г. выполнена Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды с использованием удельных показателей выбросов на единицу использованного топлива по обобщенным группам транспортных средств (бензиновые, дизельные, автомобили на сжатом газе, на сжиженном газе) и экологическим классам и данных об объемах топлива, израсходованного на работу транспорта.

В 2011 г. валовые выбросы от мобильных источников, согласно оценкам, составили 944,4 тыс.т, в том числе оксида углерода – 612,9 и углеводородов – 193,4 тыс.т (табл. 3.3).

Наибольшее количество загрязняющих веществ было выброшено мобильными источниками в Минске и Минской области (182,2 и 168,2 тыс.т), наименьшее – в Могилевской области (80,5 тыс.т).

Выбросы высокотоксичного бензо(а)пирена от мобильных источников в 2011 г. составили около 0,77 т. По причине прекращения использования этилированного бензина выбросы свинца практически отсутствуют.

Максимальный объем выбросов от мобильных источников – в Минске и Минской области (156,9 и 178,9 тыс.т), минимальный – в Могилевской области (86,5 тыс.т).

Таблица 3.2

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в городах Беларуси в 2011 г., тыс.т*

Область, город	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углеводороды (без ЛОС)	ЛОС	Прочие	всего
Брестская	4,69	6,66	1,39	4,35	6,82	1,61	1,61	27,14
в т.ч. Барановичи	0,41	0,31	0,03	0,35	0,30	0,28	0,02	1,69
Белоозерск	0,04	0,27	0,00	1,24	0,08	0,02	0,00	1,64
Брест	0,33	0,79	0,05	0,63	0,73	0,30	0,14	2,97
Пинск	0,22	0,36	0,20	0,34	0,16	0,25	0,04	1,57
Витебская	6,14	11,98	17,43	14,21	6,26	32,82	3,36	92,19
в т.ч.Витебск	0,85	1,12	0,07	0,78	0,20	1,89	0,02	4,93
Новолукомль	0,19	1,79	1,35	7,67	0,09	0,03	0,04	11,17
Новополоцк	0,25	2,94	15,01	3,74	0,02	28,86	0,36	51,18
Орша	0,17	1,72	0,15	0,57	0,43	0,11	0,01	3,15
Полоцк	0,27	0,41	0,04	0,37	0,00	0,60	0,01	1,69
Минск	2,53	11,51	0,94	5,26	0,94	4,41	0,15	25,74
Гомельская	5,71	13,66	18,27	9,84	17,12	16,63	4,19	85,42
в т.ч. Гомель	1,22	1,93	1,51	2,15	0,17	1,32	0,55	8,84
Жлобин	0,75	3,93	0,36	0,86	0,00	0,40	0,02	6,30
Речица	0,18	0,32	0,00	0,49	0,00	0,53	0,01	1,54
Светлогорск	0,17	0,72	0,34	0,50	0,30	0,49	0,13	2,65
Гродненская	6,79	9,86	0,85	9,15	8,94	3,52	4,76	43,87
в т.ч Гродно	1,82	2,51	0,41	2,63	0,13	1,87	1,34	10,71
Лида	0,17	0,73	0,05	0,32	0,20	0,65	0,04	2,15
Сморгонь	0,20	0,38	0,02	0,09	0,17	0,20	0,02	1,08
Минская	8,18	12,51	3,95	6,65	11,97	3,17	5,28	51,71
в т.ч. Борисов	0,34	0,40	0,06	0,34	0,55	0,44	0,12	2,25
Вилейка	0,36	0,69	0,05	0,20	0,14	0,31	0,02	1,77
Жодино	0,28	0,38	0,07	0,33	0,00	0,28	0,02	1,36
Молодечно	0,23	0,22	0,15	0,15	0,18	0,75	0,02	1,70
Слуцк	0,22	2,26	0,14	0,24	0,38	0,06	0,09	3,38
Солигорск	0,89	0,32	0,74	1,09	0,75	0,14	0,11	4,04
Могилевская	5,83	7,71	1,34	9,19	11,71	4,77	4,26	44,79
в т.ч. Бобруйск	0,75	1,47	0,55	1,61	0,42	1,85	0,03	6,69
Костюковичи	0,85	1,15	0,02	0,35	0,09	0,03	0,05	2,53
Кричев	0,63	0,37	0,03	4,18	0,18	0,05	0,03	5,46
Могилев	0,64	1,41	0,33	1,67	0,03	2,16	0,65	6,88
Осиповичи	0,23	0,35	0,03	0,20	0,11	0,13	0,04	1,07
Всего	39,86	73,89	44,16	58,65	63,76	66,95	23,61	370,86

*Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Таблица 3.3

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от мобильных источников на территории Беларуси в 2011 г., тыс.т*

Область, город	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углеводо-роды	Бензо(а)-пирен**	Всего
Брестская	5,2	95,0	0,4	17,3	31,2	0,1	149,1
Витебская	4,1	74,5	0,3	13,7	24,5	0,1	117,3
Гомельская	4,3	79,0	0,4	14,4	25,9	0,1	123,9
Гродненская	4,2	79,0	0,3	14,1	25,6	0,1	123,2
Минская	5,3	110,2	0,5	18,2	34,1	0,1	168,2
г.Минск	4,7	123,5	0,5	18,1	35,3	0,1	182,2
Могилевская	2,7	51,7	0,2	9,1	16,7	0,1	80,5
Республика Беларусь	30,5	612,8	2,7	104,9	193,4	0,8	944,4

*Данные Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. **В тоннах.

Выбросы загрязняющих веществ мобильными источниками по сравнению с 2010 г. увеличились на 2,1 тыс.т. При этом выбросы оксида углерода сократились на 6,3 тыс.т, в то же время выбросы оксидов азота увеличились на 5 тыс.т, углеводородов – 2,6, сажи – 0,6, диоксида серы – на 0,1 тыс.т.

В 2011 г. в отдельных регионах наблюдалось как сокращение, так и рост уровня выбросов. Количество выбросов увеличилось в Брестской области и г.Минске, в остальных регионах наблюдалось сокращение выбросов.

Валовые выбросы

Валовые выбросы от стационарных и мобильных источников в 2011 г. составили 1315,2 тыс.т (71,8% от мобильных источников, 28,2% от стационарных) (табл. 3.4).

В составе валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в 2011 г., как в предыдущие годы, преобладали оксид углерода – 52,2%, углеводороды и ЛОС – 24,6, оксиды азота – 12,4, твердые вещества – 5,4 и диоксид серы – 3,6%. Большая часть выброшенных в атмосферу оксида углерода (89%), углеводородов и ЛОС (60) и оксидов азота (64%) обусловлена работой мобильных источников. Стационарными источниками обусловлено 94% выбросов диоксида серы и 57% выбросов твердых частиц.

Таблица 3.4

Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и мобильных источников на территории Беларуси в 2011 г., тыс.т

Область	Твердые вещества	Оксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углеводороды и ЛОС	Прочие	Всего
Брестская	9,9	101,7	1,8	21,7	39,6	1,6	176,3
Витебская	10,3	86,5	17,8	27,9	63,6	3,4	209,5
Гомельская	10,0	92,6	18,6	24,2	59,7	4,2	209,3
Гродненская	11,0	88,8	1,2	23,3	38,0	4,8	167,1
Минская	13,5	122,7	4,4	24,8	49,3	5,2	219,9
г.Минск	7,2	135,0	1,4	23,4	40,7	0,2	207,9
Могилевская	8,5	59,4	1,6	18,3	33,2	4,2	125,2
Республика Беларусь	70,4	686,7	46,8	163,6	324,1	23,6	1315,2

В 2011 г. по сравнению с 2010 г. объемы валовых выбросов сократились на 4 тыс.т, в том числе уменьшились выбросы твердых веществ (на 3,8 тыс.т), оксида углерода и диоксида серы (на 7,5), а также прочих загрязняющих веществ (на 2,3 тыс.т). В то же время увеличились выбросы углеводородов и ЛОС (на 17 тыс.т) и оксидов азота на 0,1 тыс.т.

В Минске суммарный объем выбросов от стационарных и мобильных источников в 2011 г. составил 207,9 тыс.т. Из них 182,2 тыс.т или 87,6% обусловлены работой автотранспорта и других мобильных источников. На долю стационарных источников пришлось 25,7 тыс.т или 12,3% от суммарных выбросов.

Удельные выбросы

Удельные валовые выбросы всех загрязняющих веществ, рассчитанные на единицу площади, в 2011 г. составили 6,3 т/км^2, изменяясь от 4,3 (Могилевская область) до 10,7 т/км^2 (Минская область и г.Минск). Для остальных областей этот показатель находился в пределах от 5,2 до 6,6 т/км^2.

Удельные показатели выбросов основных загрязняющих веществ, рассчитанные в целом для страны, представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и мобильных источников на территории Беларуси в 2011 г.

Удельный показатель	SO_2	NO_x	CO	Твердые вещества
т/км^2	0,23	0,79	3,31	0,34
т/чел.	0,0049	0,0173	0,0724	0,0074

Максимальные удельные показатели выбросов как на единицу площади, так и на душу населения характерны для оксида углерода.

Высокие значения удельных выбросов на единицу площади по большинству рассматриваемых ингредиентов выявлены в Гродненской и Минской областях, где удельные выбросы твердых веществ составили соответственно 0,44 и 0,52 т/км^2, диоксида серы – 0,05 и 0,15 т/км^2, оксидов азота – 0,93 и 1,21 т/км^2, оксида углерода – 3,54 и 6,46 т/км^2.

В пересчете на душу населения удельный валовой выброс составил 0,14 т/чел. На уровне областей наиболее высокое значение данного показателя установлено для Витебской области (0,17 т/чел.), самое низкое – для г.Минска (0,11 т/чел.).

Удельные выбросы загрязняющих веществ по отдельным ингредиентам на душу населения в разрезе областей распределены следующим образом. Максимальный удельный выброс твердых веществ установлен для Гродненской области (0,0103 т/чел.), минимальный – для г.Минска (0,0039 т/чел.). Кроме того, г.Минск характеризуется наименьшими удельными показателями по всем рассматриваемым компонентам, за исключением оксида углерода, для которого наименьший выброс на душу населения отмечен в Могилевской области (0,055 т/чел.), в то время как наибольший – в Минской (0,087 т/чел.). Для Витебской области характерны наиболее высокие удельные показатели выбросов оксидов азота и диоксида серы (0,023 и 0,015 т/чел. соответственно).

Дополнение данных статистической отчетности о выбросах

Для дополнения данных статистической отчетности оценены выбросы загрязняющих веществ от бытового и ряда других секторов, рассчитаны выбросы от автомобильного транспорта, выбросы тяжелых металлов и СОЗ, аммиака и твердых частиц фракций менее 10 и 2,5 мкм (ТЧ10 и ТЧ2,5) в 2010 г.

Результаты оценки выбросов **тяжелых металлов** по основным категориям источников с учетом как статистических, так и расчетных данных, приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Выбросы тяжелых металлов на территории Республики Беларусь в 2010 г.*, т

Категория источника	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Энергетика общего пользования и производства тепла	0,09	0,58	0,08	0,81	0,04	16,59	6,78	15,36
Сжигание топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве	0,90	1,64	1,72	1,69	0,79	15,96	37,53	15,67
Сжигание топлива в жилом секторе	0,04	0,04	0,17	0,39	0,00	0,12	0,32	3,55
Прочее стационарное сжигание топлива	0,03	0,01	0,07	0,11	0,00	0,15	0,13	1,28
Передвижные источники	0,00	0,03	0,16	0,94	0,00	1,56	3,11	0,31
Химическая промышленность	0,16	0,03	0,80	0,12	0,00	0,00	0,09	0,00
Производство металлов	0,27	0,88	6,78	5,83	0,02	0,80	21,84	296,59
Сжигание отходов	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,13	0,08
Прочие	0,00	0,00	0,12	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00
Всего	1,49	3,23	9,88	9,91	0,85	35,18	69,95	332,84

*Дополнение данных статистической отчетности о выбросах происходит на год позже.

Наиболее существенный вклад в выбросы свинца внесла обрабатывающая промышленность и строительство (54%), на втором месте – производство металлов (31%).

Основным источником кадмия на территории Беларуси в 2010 г. являлось сжигание топлива в обрабатывающей промышленности и строительстве (51%), 27% выбросов пришлось на производство металлов, 18% – энергетику общего пользования и производство тепла.

Основной вклад в выбросы мышьяка внесло сжигание в обрабатывающей промышленности и строительстве (60%), а также производство металлов (18%) и химическая промышленность (11%). Сжигание в обрабатывающей промышленности было основным источником ртути (92%).

Согласно полученным данным, на территории Беларуси основными источником выбросов никеля в 2010 г. являлись энергетика общего пользования и производства тепла и сжигание топлива в промышленности – соответственно 47 и 45% от общих объемов выбросов данных элементов. Наибольшие объемы выбросов меди, хрома и цинка характерны для производства металлов – соответственно 59, 69 и 89%.

Статистические данные о выбросах загрязняющих веществ не учитывают многие источники поступления **аммиака** в атмосферный воздух, включая сельское хозяйство. Выполненные расчеты показали, что в 2010 г. выбросы аммиака составили 151,1 тыс.т. Основной вклад в поступление аммиака в окружающую среду внесла такая категория сельскохозяйственных источников, как «Уборка, хранение и использование навоза» (70% от общей эмиссии). Также значительным был вклад категории «Внесение минеральных удобрений» – 18%. (рис. 3.1).

Рис. 3.1. **Структура источников выбросов аммиака на территории Беларуси в 2010 г.**

В 2010 г. выбросы аммиака по сравнению с 2009 г. увеличились на 1,6 тыс.т преимущественно за счет прироста выбросов от основной категории источников – сельского хозяйства.

Из приоритетных **стойких органических загрязнителей** в атмосферный воздух выбрасываются диоксины/фураны, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и, в меньшей степени, полихлорированные бифенилы (ПХБ) и гексахлорбензол (ГХБ).

Все оценки выбросов СОЗ получены расчетным путем. Выбросы диоксинов/фуранов оценены в граммах эквивалента токсичности (диоксинового эквивалента).

Общий выброс диоксинов/фуранов в 2010 г. составил 36,46 гЭТ, что на 0,9 гЭТ меньше чем в 2009 г. Основные источники выбросов диоксинов/фуранов представлены на рисунке 3.2. Наибольший вклад внесло сжигание отходов – 13,8 гЭТ (38% от общего выброса), производство металлов – 8,0 гЭТ (22% от общего выброса), сжигание топлива в обрабатывающей промышленности 5,55 гЭТ (15%). На долю прочих источников пришлось 6,5 гЭТ выбросов .

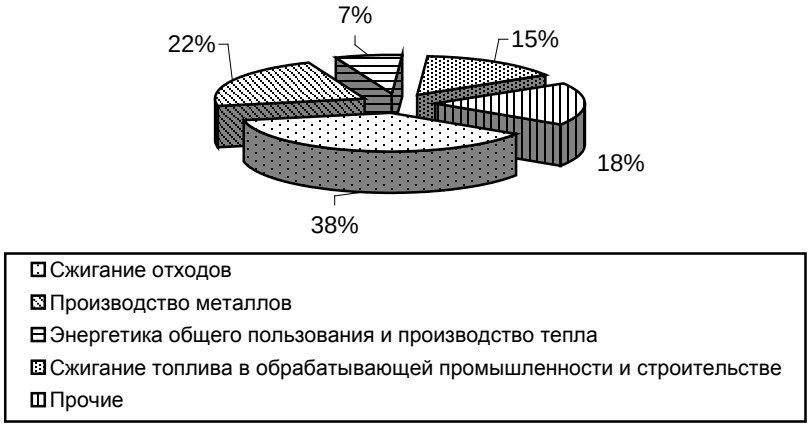

Рис. 3.2. **Структура источников выбросов диоксинов/фуранов в атмосферу на территории Беларуси в 2010 г.**

Суммарный выброс четырех ПАУ достиг 41,6 т, в том числе бензо(а)пирена – 10,19 т, бензо(b)флуорантена – 20,3 т, бензо(к)-флуорантена – 5,5 т, индено(1,2,3-с,d)пирена – 5,6 т.

Основным источником выбросов индикаторных ПАУ явились процессы сжигания в установках для жилого фонда (64%). Существенный вклад внесли также процессы сжигания в энергетике (20%) (рис. 3.3).

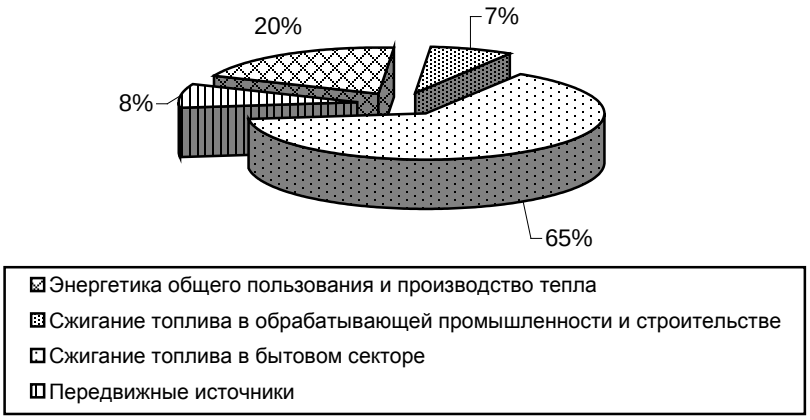

Рис. 3.3. **Структура источников выбросов ПАУ в атмосферу на территории Беларуси в 2010 г.**

Валовые выбросы твердых взвешенных частиц (ТЧ) согласно оценкам, полученным с использованием модели GAINS, в 2010 г. составили 87,2 тыс.т, в том числе выбросы ТЧ10 – 40,2 тыс.т, ТЧ2,5 – 27,3 тыс.т.

Наибольший вклад в выбросы общей пыли (ТЧ) внесли категории «Сельское хозяйство и прочие источники» (17%), «Обрабатывающая промышленность» (13%), «Уборка, хранение и использование навоза» (11%), «Энергетика общего пользования и производства тепла» (9%).

В выбросы ТЧ10 наибольший вклад внесли источники категорий «Обрабатывающая промышленность и строительство» (20%), «Автомобильный транспорт» (20%), «Энергетика общего пользования и производства тепла» (17%), «Жилой сектор» (16%) (рис. 3.4).

В выбросы ТЧ2,5 вклад жилого сектора составил 22%, обрабатывающей промышленности – 21%, энергетики – 18%, автомобильного транспорта – 17%, сельского хозяйства/лесного хозяйства/рыболовства – 12%.

По сравнению с 2009 г. общие выбросы взвешенных частиц увеличились на 0,9%, выбросы ТЧ10 и ТЧ2,5 возрасли соответственно на 3,0 и 2,8%.

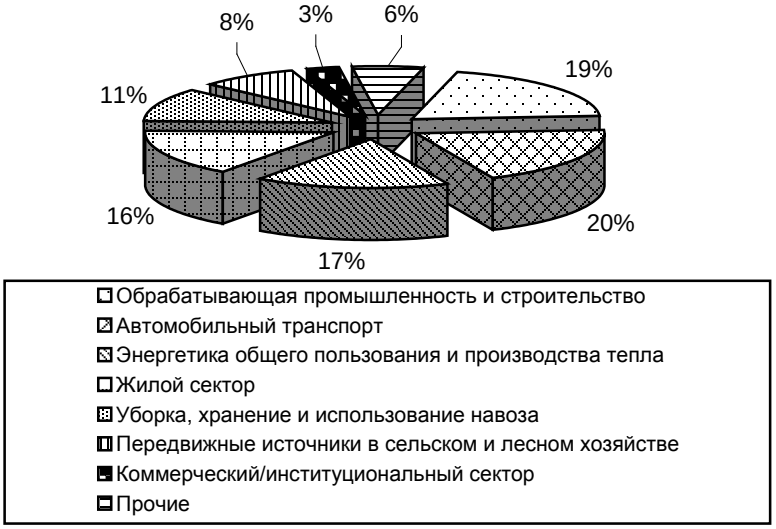

Рис. 3.4. **Структура источников выбросов ТЧ10 в атмосферу на территории Беларуси в 2010 г.**

3.2. Качество атмосферного воздуха

В 2011 г. мониторинг состояния атмосферного воздуха проводился в 18 промышленных городах Беларуси, включая областные центры, а также Полоцк, Новополоцк, Оршу, Бобруйск, Мозырь, Речицу, Светлогорск, Пинск, Новогрудок, Жлобин, Лиду и Солигорск. Регулярными наблюдениями была охвачена территория, на которой проживает 81,3% населения крупных и средних городов страны. Дополнительно к программе мониторинговых наблюдений было обследовано состояние атмосферного воздуха в г.Барановичи. Государственная сеть мониторинга также включает в себя стационарные наблюдения, проводимые Министерством здравоохранения Республики Беларусь в г.Могилеве (один стационарный пост).

Сеть мониторинга атмосферного воздуха в 2011 г. включала 62 станции: 12 станций в Минске, 6 в Могилеве, по 5 в Гомеле и Витебске, по 4 в Бресте и Гродно; в остальных промышленных центрах действовало по 1–3 станции. В областных центрах, Полоцке, Новополоцке, Солигорске и в районе Мозырского промышленного узла функционировало 14 автоматических станций, позво-

ляющих получать информацию о содержании в воздухе приоритетных загрязняющих веществ в режиме реального времени.

Во всех городах определялись концентрации основных загрязняющих веществ (твердые частицы – недифференцированная по составу пыль/аэрозоль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота), формальдегида, свинца и кадмия. Измерялись также концентрации многих приоритетных специфических веществ – аммиака, бенз(а)пирена, фенола, сероводорода, сероуглерода, летучих органических соединений. На всех автоматических станциях измерялись концентрации твердых частиц диаметром 10 микрон и менее (ТЧ10) и приземного озона. Измерения концентраций ТЧ10 проводились также в г.Жлобине.

Большой объем работ по изучению состояния воздуха в парках, зонах отдыха, вблизи автодорог и в зонах влияния промышленных предприятий выполнен региональными Центрами гигиены и эпидемиологии (ЦГиЭ) и некоторыми ведомственными лабораториями в Гомеле, Могилеве, Речице и Светлогорске.

В 19 пунктах регулярно проводились наблюдения за химическим составом атмосферных осадков. Оценка дальнего атмосферного переноса загрязняющих веществ в рамках «Совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязняющих воздух веществ на большие расстояния в Европе» (Программы ЕМЕП) проводилась на специализированной трансграничной станции Высокое (западная граница Беларуси). Дополнительно в рамках данной программы проводились наблюдения за суточными выпадениями атмосферных осадков на станциях Мстиславль (восточная граница) и Браслав (северная граница). На станции фонового мониторинга (СФМ) «Березинский заповедник» анализировалось состояние воздуха и атмосферных осадков по программе Глобальной службы атмосферы.

Для оценки состояния атмосферного воздуха использовались такие показатели, как количество дней в году, в течение которых установлены превышения среднесуточных ПДК, и повторяемость (доля) проб с концентрациями выше максимально разовых ПДК. Данные о количестве дней в году со среднесуточными концентрациями ТЧ10 и приземного озона выше ПДК, полученные в результате непрерывных измерений, сравнивались с целевыми показателями, принятыми в странах Европейского Союза.

По данным стационарных наблюдений, в 2011 г. содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в большинстве контролируемых городов Беларуси сохранялось на уровне предыдущего года и было ниже значений установленных нормативов.

Количество дней со среднесуточными концентрациями ТЧ10 выше ПДК в атмосферном воздухе в Могилеве, Жлобине, Витебске, Гродно, Полоцке, Новополоцке, жилых районах Минска и Гомеля было ниже целевого показателя, принятого в Европейском Союзе.

Ухудшение качества воздуха, отмеченное в конце марта–апреле, было связано с дефицитом атмосферных осадков, в июне–сентябре – с преобладанием неблагоприятных для рассеивания загрязняющих веществ метеоусловий.

Состояние атмосферного воздуха в Бобруйске, Гродно, Новогрудке, Светлогорске, Жлобине, Полоцке, Новополоцке, Лиде, Солигорске и большинстве контролируемых районов Минска, Гомеля, Витебска, Орши и Мозыря оценивалось как стабильно хорошее.

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к снижению количества «проблемных» районов в промышленных центрах страны. Так, в 2010–2011 гг. их число было в два раза ниже, чем в 2007 г. (рис. 3.5).

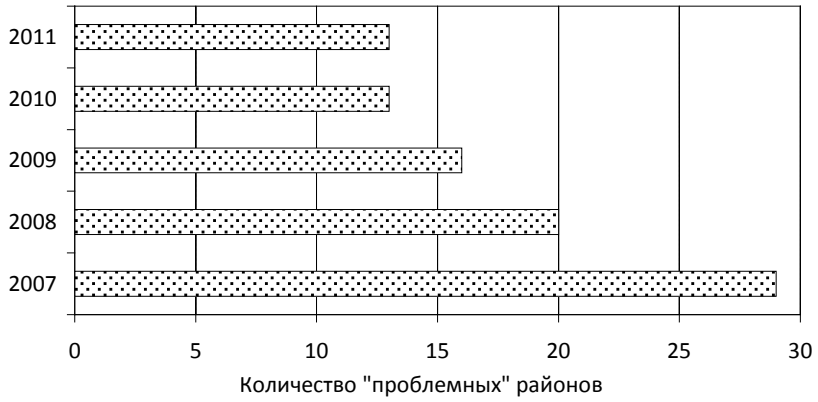

Рис. 3.5. **Количество «проблемных» районов в отношении загрязнения атмосферного воздуха в промышленных центрах Беларуси в 2007–2011 гг.**

Вместе с тем в некоторых районах Бреста, Пинска и Орши существует проблема загрязнения воздуха формальдегидом; Могилева – диоксидом азота, фенолом, сероводородом и формальдегидом. В Мозыре и Речице в теплый период года по-прежнему отмечался значительный рост уровня загрязнения воздуха твердыми частицами (табл. 3.7).

Таблица 3.7

Перечень «проблемных» районов в отношении загрязнения атмосферного воздуха в промышленных центрах Беларуси в 2011 г.

Город	Адрес станции	Зона наблюдений	Характеристика нагрузки	Вещества, определяющие повышенный уровень загрязнения воздуха
Минск	ул.Тимирязева, 23	Смешанная*	Эпизодически**	ТЧ10
	ул.Радиальная, 50	Промышленная		
Гомель	ул.Барыкина, 319	Смешанная	Постоянно***	ТЧ10
Мозырь	ул.Пролетарская, 49	Автодорога	Эпизодически	Твердые частицы****
Речица	ул.Молодежная, 5	Смешанная	Эпизодически	Твердые частицы****, фенол
	ул.Чкалова, 24			
Брест	ул.Северная, 75	Жилая	Эпизодически	ТЧ10, формальдегид
	ул.17 Сентября–ул.Интернациональная	Автодорога	Постоянно	Формальдегид
Пинск	ул.Завальная, 39	Автодорога	Постоянно	Формальдегид
	ул.Центральная, 11	Жилая		
Орша	ул.Пакгаузная	Автодорога	Эпизодически	Формальдегид
Могилев	ул.Челюскинцев, 45	Промышленная	Эпизодически	Диоксид азота, фенол, сероводород, формальдегид
	ул.Мовчанского, 4	Смешанная		Фенол, формальдегид

*Станция расположена в зоне влияния выбросов как стационарных, так и передвижных источников. **Превышения нормативов качества отмечались только в отдельные месяцы. ***Превышения нормативов качества отмечались большую часть года. ****Недифференцированная по составу пыль/аэрозоль.

В периоды без осадков их максимальные концентрации превышали установленный норматив в 3 раза. Данные непрерывных измерений на автоматических станциях показали, что в некоторых районах Минска, Гомеля и Бреста превышен целевой показатель качества атмосферного воздуха по содержанию ТЧ10, который, согласно Директиве Совета Европейского Союза, не допускает превышения среднесуточной ПДК (50 мкг/м^3) более, чем в 9,6% от общего количества измерений в течение календарного года (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Повторяемость среднесуточных концентраций ТЧ10 выше ПДК в 2011 г.

Город, район	Количество измерений, дни	Повторяемость дней с превышениями среднесуточной ПДК, %	Максимальная среднесуточная концентрация, ПДК
Брест, ул.Северная	241	12,4	2,1
Минск, ул.Тимирязева	187	18,7	3,1
Минск, ул.Радиальная	142	21,1	2,1
Гомель, ул.Барыкина	206	34,5	6,3

Максимальные среднесуточные концентрации ТЧ10 в Бресте и Минске достигали 2–3 ПДК. В Гомеле зафиксирована концентрация, в 6,3 раза превышающая установленный норматив.

В таблице 3.9 представлены средние и максимальные из разовых концентраций основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси в 2011 г.

Твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) (далее – твердые частицы). Средние за 2011 г. концентрации твердых частиц в воздухе в Речице и Витебске составили 0,8 ПДК, Мозыре – 0,5, Лиде, Новогрудке и Светлогорске – 0,4, Гомеле, Гродно, Жлобине, Могилеве и Пинске – 0,3, в других контролируемых городах – 0,1 ПДК и менее.

В годовом ходе увеличение уровня загрязнения воздуха твердыми частицами во многих городах отмечено в третьей декаде марта–апреле и сентябре–ноябре, которые характеризовались малым количеством атмосферных осадков (рис. 3.6). Повышенное содержание твердых частиц в воздухе в Речице наблюдалось также в мае и августе. Большинство превышений среднесуточной ПДК зафиксировано в городах Гомельской области. Так, в отдельных районах Светлогорска (микрорайон «Первомайский») отмече-

но 22 дня со среднесуточными концентрациями выше ПДК, Мозыря (ул.Пролетарская) – 47 дней, Речицы (ул.Молодежная) – 94 дня.

Таблица 3.9

Средние и максимальные из разовых концентраций основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси в 2011 г., мкг/м^3 (данные станций с дискретным отбором проб)

Город	Твердые частицы*		Диоксид серы		Оксид углерода		Диоксид азота	
	$q_{ср.}$**	$q_{м.}$***	$q_{ср.}$	$q_{м.}$	$q_{ср.}$	$q_{м.}$	$q_{ср.}$	$q_{м.}$
Бобруйск	<15	163	<п/о****	–	812	3700	29	288
Брест	18	163	0,1	35,0	613	3900	26	470
Витебск	115	210	<0,1	18,0	675	3200	36	133
Гомель	45	598	17,0	83,0	444	2000	20	94
Гродно	40	516	0,4	32,0	665	3650	28	612
Жлобин	45	395	<п/о		241	1200	11	97
Лида	63	300	0,2	21,0	558	1200	42	190
Минск	<15	734	<0,1	50,0	386	4130	32	434
Могилев	47	449	<0,1	15,0	875	6500	55	692
Мозырь	73	392	<п/о	–	437	2600	18	96
Новогрудок	56	335	–*****	–	611	1800	31	61
Новополоцк	<15	373	0,7	84,0	835	3500	42	481
Орша	15	170	<0,1	15,0	762	3600	21	296
Пинск	52	277	<п/о	–	369	1400	16	147
Полоцк	<15	333	1,1	46,0	1169	4700	55	378
Речица	122	1000	<п/о	–	519	2400	27	127
Светлогорск	54	301	<п/о	–	878	1400	33	93
ПДК	150	300	200	500	3000	5000	100	250

*Недифференцированная по составу пыль/аэрозоль. **Средняя за год концентрация загрязняющего вещества. ***Максимальная из разовых концентраций загрязняющего вещества. ****Ниже предела обнаружения. *****Загрязняющее вещество не определялось.

В Минске (район ул.Бобруйская) в апреле повторяемость проб с концентрациями выше максимально разовой ПДК составила 18%. Максимальные из разовых концентраций в Могилеве и Гродно превышали установленный норматив в 1,5–1,7 раза, Гомеле и Минске – в 2,0–2,4 раза. В Речице (район ул.Молодежная) максимальная концентрация твердых частиц достигала 3,3 ПДК.

В Могилеве в зонах влияния заводов «Электродвигатель» и искусственного волокна зафиксированы концентрации твердых частиц в 1,5 раза выше ПДК. По данным Бобруйского зонального Центра гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья максимальная концентрация твердых частиц превышала установленный норматив в 1,8 раза.

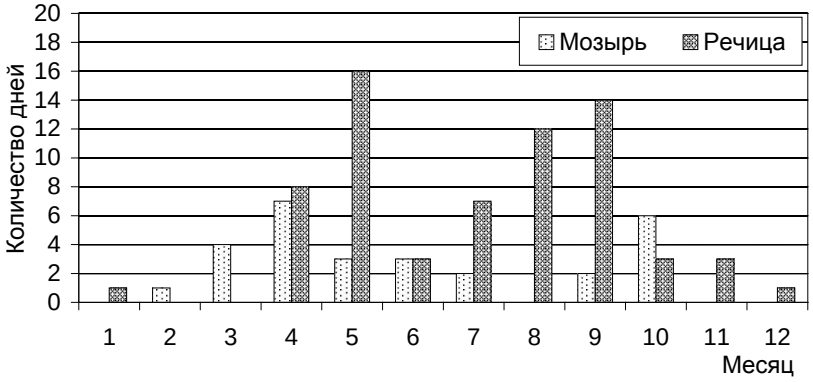

Рис. 3.6. **Количество дней со среднесуточными концентрациями твердых частиц выше ПДК (в целом по городу) в 2011 г. в Мозыре и Речице**

За пятилетний период содержание твердых частиц в атмосферном воздухе в Могилеве увеличилось на 9%, в Витебске – на 19%, в Новогрудке – на 40%. Динамика среднегодовых концентраций твердых частиц в воздухе в остальных городах неустойчива. Однако, по сравнению с 2007 г. содержание твердых частиц в воздухе в Бресте, Гродно, Гомеле и Речице уменьшилось на 22–30%, Жлобине и Бобруйске – на 45–52%.

Мониторинг **твердых частиц диаметром 10 микрон и менее (ТЧ10)** проводился в 9 городах и в районе Мозырского промышленного узла. В большинстве пунктов измерения начаты в апреле, поэтому среднегодовые концентрации ТЧ10 не рассчитывались. Вместе с тем данные измерений показали, что в некоторых районах Минска (улицы Тимирязева и Радиальная), Гомеля (ул.Барыкина) и Бреста (ул.Северная) превышен целевой показатель, принятый в странах Европейского Союза.

В годовом ходе «пик» загрязнения воздуха ТЧ10 зафиксирован в апреле, который характеризовался дефицитом атмосферных осадков. Повышенная загрязненность воздуха в Гомеле и Бресте отмечена также в мае и августе–сентябре.

Максимальные среднесуточные концентрации ТЧ10 в воздухе в Жлобине, Новополоцке и Полоцке достигали 1,5 ПДК, в Бресте и Могилеве – 2 ПДК, в Минске – 3 ПДК. В Гомеле 13 мая среднесуточная концентрация ТЧ10 превысила установленный норматив в 6,3 раза.

Диоксид серы (SO_2). Содержание диоксида серы в атмосферном воздухе городов Беларуси на протяжении многих лет сохраняется стабильно низким. Следует отметить, что «залогом» этого является использование природного газа в качестве топлива предприятиями теплоэнергетики. С окончанием отопительного сезона содержание диоксида серы в воздухе в большинстве городов опускается ниже предела точности определения величины концентрации.

По данным дискретных измерений, в 2011 г. максимальные из разовых концентраций диоксида серы в Бресте, Минске и Полоцке составляли 0,1 ПДК, в Новополоцке и Гомеле – 0,2 ПДК, а в других городах были существенно ниже. По данным непрерывных измерений, среднегодовые концентрации диоксида серы в Минске, Витебске и Могилеве варьировали в диапазоне от 4 до 15 мкг/м^3. Максимальная (период осреднения 20 мин.) концентрация диоксида серы в Новополоцке превышала установленный норматив в 3,4 раза.

Оксид углерода (CO). В 2011 г. средняя за год концентрация оксида углерода в воздухе в Полоцке составила 0,4 ПДК, в Бобруйске, Могилеве, Новополоцке, Орше и Светлогорске – 0,3 ПДК, в других городах – 0,2 ПДК и менее. Превышений среднесуточной ПДК не зафиксировано.

По данным измерений автоматических станций в суточном ходе концентрации оксида углерода выделяются два максимума: первый – с 7 до 9 часов, второй – с 17 до 21 часа (рис. 3.7).

Максимальная из разовых концентраций оксида углерода в Могилеве составила 1,3 ПДК. На автоматических станциях в Минске и Витебске зафиксированы концентрации 1,6 ПДК, в Полоцке – 2,9 ПДК.

По данным Центров гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, в районах автодорог с интенсивным движением транспорта максимальные концентрации оксида углерода при неблагоприятных для рассеивания метеоусловиях в Минске превышали установленный норматив в 1,7–2,7 раза, в Гомеле – в 1,3–1,6 раза.

В последние годы в подавляющем большинстве контролируемых городов страны наблюдается устойчивая тенденция к снижению уровня загрязнения воздуха оксидом углерода. По сравнению с 2007 г. содержание оксида углерода в воздухе в Мозыре, Речице, Бресте и Орше уменьшилось на 20–29%, в Минске, Пинске, Витебске и Жлобине – 34–39, в Новогрудке и Гродно – на 52–60%. Незначительное (на 6%) увеличение концентраций отмечено в Светлогорске. В Полоцке среднегодовые концентрации оксида углерода повысились на 71%.

Рис. 3.7. **Суточный ход концентрации оксида углерода в городах Беларуси в 2011 г.**

Диоксид азота (NO_2). Средние за 2011 г. концентрации диоксида азота в воздухе в Полоцке и Могилеве составили 0,6 ПДК, в Витебске и Лиде – 0,4 ПДК, в других контролируемых городах – 0,3 ПДК и менее. Превышения среднесуточной ПДК зарегистрированы в Гродно, Лиде, Полоцке, Новополоцке и Могилеве.

По данным автоматических станций суточный ход концентрации диоксида азота аналогичен суточному ходу концентрации оксида углерода, что свидетельствует об общем источнике загрязнения – выбросах автотранспорта (рис. 3.8).

Максимальные из разовых концентраций диоксида азота в Полоцке, Новополоцке, Минске и Бресте превышали установленный норматив в 1,5–1,9 раза, в Могилеве – в 2,8 раза.

По сравнению с 2007 г. содержание диоксида азота в воздухе в Пинске, Гродно и Речице уменьшилось на 11–18%, в Новогрудке и Светлогорске – на 24–28%. В Новополоцке и Полоцке уровень загрязнения воздуха диоксидом азота увеличился на 14–28%. Следует отметить, что во многих городах среднегодовые концентрации диоксида азота от года к году мало изменяются (отклонения не превышают ±10%). Корреляция между концентрациями за различные промежутки времени очень высокая. Это указывает на устойчивость уровня концентраций диоксида азота в атмосферном воздухе городов.

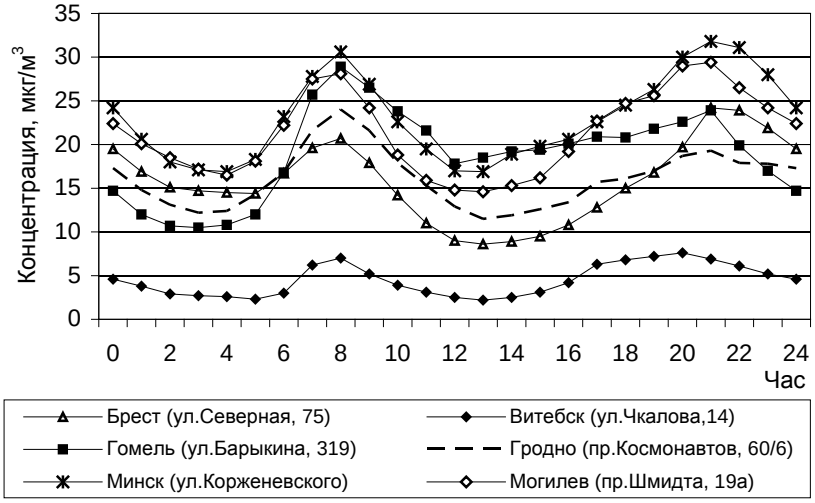

Рис. 3.8. **Суточный ход концентрации диоксида азота в городах Беларуси в 2011 г.**

Загрязнение атмосферного воздуха в городах Беларуси наиболее распространенными специфическими веществами представлено в таблице 3.10.

Сероводород (H_2S) определяли в атмосферном воздухе в Мозыре и городах с предприятиями химической и нефтехимической промышленности. Средняя за год концентрация в воздухе в Мозыре составила 0,1 мкг/м^3, в Полоцке и Новополоцке – 1,0 мкг/м^3, Могилеве – 2,5 мкг/м^3. Как и в предыдущие годы, содержание сероводорода в атмосферном воздухе в Светлогорске было ниже предела точности определения величины концентрации. Превышения максимально разовой ПДК зафиксированы только в двух городах. В Новополоцке максимальная из разовых концентраций составила 1,9 ПДК. В Могилеве на всех стационарных станциях с дискретным отбором проб воздуха отмечены концентрации в 1,5–3,0 раза выше установленного норматива. При неблагоприятных метеоусловиях зарегистрирована концентрация сероводорода почти в 4 раза выше ПДК.

По сравнению с 2007 г. уровень загрязнения воздуха сероводородом в Полоцке, Новополоцке и Мозыре уменьшился на 38–50%. В Могилеве содержание в воздухе сероводорода увеличилось более чем в 2 раза.

Таблица 3.10

Средние и максимальные из разовых концентраций специфических загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси в 2011 г., мкг/м^3 (данные станций с дискретным отбором проб)

Город	Сероводород		Фенол		Аммиак		Формальдегид		Свинец	
	$q_{ср.}$*	$q_{м.}$**	$q_{ср.}$	$q_{м.}$	$q_{ср.}$	$q_{м.}$	$q_{ср.}$	$q_{м.}$	$q_{ср.}$	$q_{м.}$
Бобруйск	–***	–	0,7	9,0	–	–	6,4	86,0	0,008	0,019
Брест	–	–	–	–	–	–	11,9	135,0	0,030	0,173
Витебск	–	–	1,1	4,0	25	136	10,5	44,0	0,027	0,050
Гомель	–	–	2,5	10,0	36	159	10,7	61,0	0,047	0,142
Гродно	–	–	–	–	17	200	4,8	36,0	0,016	0,034
Жлобин	–	–	–	–	–	–	2,1	58,2	0,087	0,165
Лида	–	–	–	–	–	–	5,1	15,0	0,015	0,022
Минск	–	–	0,4	3,0	13	958	4,9	47,0	0,020	0,063
Могилев	2,5	31,0	1,8	33,0	24	332	7,9	115,0	0,009	0,030
Мозырь	0,1	5,0	–	–	–	–	6,2	70,0	0,082	0,248
Новогрудок	–	–	–	–	–	–	1,4	7,0	0,023	0,054
Новополоцк	1,0	15,0	0,9	20,0	8	45	6,0	71,0	0,021	0,040
Орша	–	–	–	–	–	–	11,2	63,0	0,019	0,058
Пинск	–	–	–	–	–	–	12,7	41,0	0,069	0,210
Полоцк	1,0	6,0	0,9	15,0	18	57	6,4	51,0	0,013	0,029
Речица	–	–	3,1	37,0	15	39	7,6	30,0	0,044	0,117
Светлогорск	<п/о****		–	–	–	–	8,1	27,0	0,049	0,184
ПДК	–	8,0	7,0	10,0	–	200	12,0	30,0	0,300	–

*Средняя за год концентрация загрязняющего вещества. **Максимальная из разовых концентраций загрязняющего вещества. ***Загрязняющее вещество не определялось. ****Ниже предела обнаружения.

Сероуглерод (CS_2) на протяжении многих лет определяют в воздухе в Могилеве и Светлогорске. Средняя за год концентрация в Могилеве составила 0,3 ПДК. Превышения максимально разовой ПДК (в 1,1–1,3 раза) отмечены только в юго-западном районе города, расположенном в зоне воздействия выбросов завода искусственного волокна. Содержание сероуглерода в воздухе в Светлогорске оставалось стабильно низким. Максимальная из разовых концентраций при неблагоприятных метеоусловиях не превышала 0,4 ПДК.

По сравнению с 2007 г. уровень загрязнения воздуха сероуглеродом в Могилеве понизился на 20%, в Светлогорске – на 50%.

Фенол (C_6H_5OH). Средние за год концентрации фенола в воздухе в Могилеве, Гомеле и Речице находились в пределах 0,3–0,4 ПДК, в других городах – не превышали 0,2 ПДК. Существенный рост содержания фенола в воздухе в Могилеве и Речице зафикси-

рован в январе–феврале. Повторяемость проб с концентрациями фенола выше максимально разовой ПДК в этот период в отдельных районах указанных городов достигла 11–15%. На всех стационарных станциях зарегистрированы концентрации в три раза выше установленного норматива. Максимальная из разовых концентраций в Речице превышала ПДК в 3,7 раза. В Полоцке и Новополоцке превышения максимально разовой ПДК (в 1,5–2,0 раза) отмечены только в единичных пробах воздуха.

За пятилетний период содержание фенола в воздухе в Могилеве и Витебске понизилось на 33–39%, в Бобруйске – на 67%. Вместе с тем по сравнению с 2007 г. уровень загрязнения воздуха фенолом в Полоцке и Новополоцке повысился на 29%, в Речице – 48 и Гомеле – на 67%.

По данным Центров гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья в центральной части Минска (парках Челюскинцев и Горького) концентрации фенола эпизодически повышались до 1,1–1,3 ПДК, в Гомеле – до 1,4 ПДК.

Аммиак (NH_3). Средние за год концентрации аммиака в воздухе в Минске, Речице, Гродно и Полоцке находились в пределах 13–18 мкг/м^3, Могилеве и Витебске – 24–25 мкг/м^3. Максимальный уровень загрязнения воздуха аммиаком (36 мкг/м^3) характерен для Гомеля, минимальный (8 мкг/м^3) – для Новополоцка. Сезонные изменения содержания в воздухе аммиака, как и в предыдущие годы, имели ярко выраженный характер: летний уровень загрязнения был значительно выше, чем в зимний период. В Могилеве превышения максимально разовой ПДК в 1,1–1,7 раза отмечены только в районе ул.Каштановой. В Минске (район ул.Щорса) максимальная концентрация аммиака превышала установленный норматив в 4,8 раза.

По сравнению с 2007 г. уровень загрязнения воздуха аммиаком в Полоцке, Речице и Гродно понизился на 28–37%, Могилеве и Минске – на 50–64%. В Витебске концентрация аммиака за пятилетний период повысилась на 20%. В Гомеле среднегодовые концентрации увеличились в 2 раза. Динамика среднегодовых концентраций аммиака в воздухе в Новополоцке неустойчива.

Формальдегид (НСОН). Концентрации формальдегида определяли в воздухе 17 городов на всех стационарных станциях. Средняя за год концентрация в воздухе в Гомеле, Витебске и Орше составила 0,9 ПДК, Бресте – 1,0 и Пинске – 1,1 ПДК. Минимальный уровень загрязнения воздуха формальдегидом (0,1–0,2 ПДК) по-прежнему характерен для Новогрудка и Жлобина. В

остальных городах средние за год концентрации формальдегида находились в пределах 0,4–0,7 ПДК.

Сезонные изменения содержания в воздухе формальдегида имели ярко выраженный характер: увеличение концентраций, как правило, наблюдалось с ростом температуры. При отрицательных или слабоположительных температурах воздуха среднемесячные концентрации варьировали в небольших пределах, а с повышением температуры существенно возрастали (рис. 3.9).

Рис. 3.9. **Зависимость средних концентраций формальдегида от температурного режима в г.Гомеле в 2011 г.**

В 2011 г. «пик» загрязнения воздуха формальдегидом практически во всех контролируемых городах зафиксирован в июне–июле. Повторяемость проб с концентрациями выше максимально разовой ПДК в отдельных районах Бреста и Гомеля составила 13%, Бобруйска – 15%, Витебска – 19%. В Пинске, Бресте и Гомеле повышенное содержание в воздухе формальдегида сохранялось и в августе–сентябре. Максимальные из разовых концентраций в Минске, Полоцке, Жлобине, Гомеле и Орше превышали установленный норматив в 1,5–2,1 раза, в Новополоцке и Бобруйске – в 2,4–2,9 раза, в Могилеве – в 3,8 раза. В Бресте при неблагоприятных метеорологических условиях зафиксировано содержание формальдегида в 4,5 раза выше установленного норматива.

По данным Центров гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья в районах автодорог с интенсивным движением транс-

порта в теплый период года максимальные концентрации формальдегида в Минске достигали 2,0–2,4 ПДК, Бобруйске – 1,4 ПДК.

Вместе с тем следует отметить, что в 2011 г. абсолютные значения средних и максимальных концентраций, доля проб с превышениями установленного норматива и продолжительность периода с повышенным содержанием формальдегида в атмосферном воздухе в большинстве городов были заметно ниже, чем в предыдущие годы.

В последние годы прослеживается устойчивая тенденция к снижению уровня загрязнения воздуха формальдегидом. В Речице, Полоцке, Орше и Гродно его концентрации понизились на 11–17%, Бобруйске, Витебске и Мозыре – 25–33, Минске – 38, Новогрудке – 44 и в Жлобине – на 56%. Увеличение среднегодовых концентраций (на 8–14%) зафиксировано только в Пинске и Светлогорске. В остальных городах содержание в воздухе формальдегида сохраняется на уровне 2007 г.

Мониторинг **приземного озона (O_3)** проводили в 8 городах и в районе Мозырского промышленного узла. Средние за год концентрации в районе Мозырского промузла и в Солигорске находились в пределах 38–39 мкг/м^3, в Минске, Витебске и Полоцке – 40–50 мкг/м^3, в Бресте, Гродно, Могилеве и Новополоцке – 53–56 мкг/м^3. По данным непрерывных измерений в 2011 г. больше всего превышений среднесуточной ПДК по приземному озону зафиксировано в отдельных районах Бреста, Гродно и Могилева.

Суточная динамика приземного озона в воздухе всех городов одинакова, различаются лишь сами уровни концентраций. Максимум загрязнения отмечен в послеполуденные время (рис. 3.10).

В годовом ходе концентраций «пик» загрязнения воздуха приземным озоном зафиксирован весной. Весенний максимум загрязнения воздуха связан с перестройкой атмосферы и, как следствие, с притоком озона из стратосферы. Максимальные среднесуточные концентрации в этот период превышали установленный норматив в 1,2–1,3 раза. Увеличение содержания в воздухе приземного озона отмечено и в июне, особенно в первой декаде месяца, которая характеризовалась повышенным температурным режимом (максимальные температуры достигали 29–31ºС).

Превышения среднесуточной ПДК эпизодически отмечались до конца августа, однако летний максимум загрязнения (как и в 2010 г.) не проявился (рис. 3.11).

Содержание в воздухе **летучих органических соединений (в том числе бензола)** измеряли во всех областных центрах, Полоцке, Новополоцке, Мозыре, Солигорске и в районе Мозырского

промузла. По данным непрерывных измерений, содержание в воздухе бензола, ксилола и толуола было существенно ниже установленных нормативов. Максимальные концентрации не превышали 0,5 ПДК. В нескольких пробах воздуха, отобранных в Витебске, зарегистрированы концентрации этилацетата 1,2–1,6 ПДК.

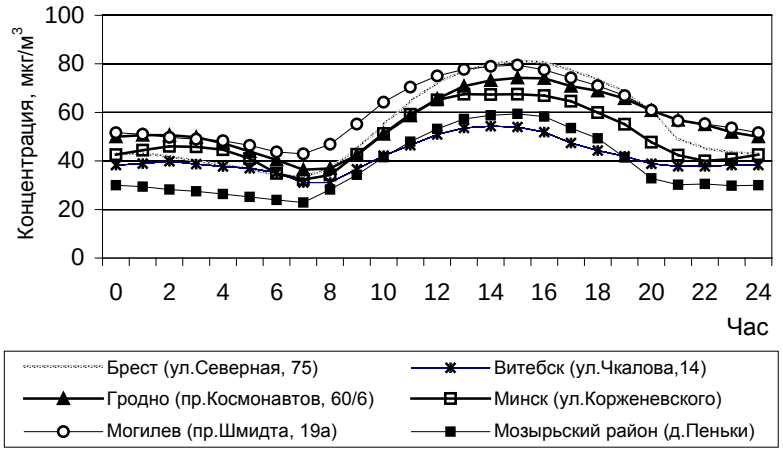

Рис. 3.10. **Суточный ход концентраций приземного озона в воздухе в городах Беларуси в 2011 г.**

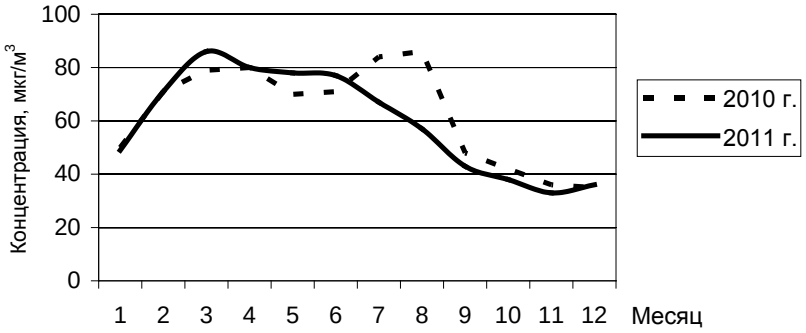

Рис. 3.11. **Внутригодовое распределение концентраций приземного озона в воздухе в г.Могилеве (район пр.Шмидта)**

Содержание в воздухе **соединений тяжелых металлов** определялось на 50% стационарных станций. Средние за год концентрации в Жлобине и Мозыре составили 0,3 ПДК, в Пинске – 0,2 ПДК. В остальных городах средние за год концентрации были ниже 0,2 ПДК. Превышений установленного норматива не отмечено. Максимальные среднемесячные концентрации свинца в воздухе в Гомеле, Жлобине и Бресте находились в пределах 0,5–0,6 ПДК, в Пинске и Мозыре – 0,7–0,8 ПДК. Как и в предыдущие годы, содержание в воздухе кадмия было существенно ниже ПДК.

Динамика среднегодовых концентраций свинца по-прежнему очень неустойчива. Вместе с тем по сравнению с 2007 г. содержание свинца в атмосферном воздухе в подавляющем большинстве контролируемых городов Беларуси понизилось на 30–80%. Незначительное (на 10%) увеличение уровня загрязнения воздуха свинцом отмечено только в Жлобине.

Содержание в воздухе **бенз(а)пирена** измеряли в 16 городах. Средние за год концентрации во всех городах были существенно ниже установленного норматива. Временнóе распределение концентраций по-прежнему очень неоднородно: в отопительный сезон уровень загрязнения воздуха бенз(а)пиреном значительно выше, чем в теплый период года. В Гродно, Жлобине и Могилеве максимальные среднемесячные концентрации составляли 0,6 ПДК, в Бресте – 0,9 ПДК. В январе в Гомеле (район авто- и железнодорожного вокзалов) среднемесячная концентрация бенз(а)пирена превышала установленный норматив в 1,8 раза.

Таким образом, результаты стационарных наблюдений на сети мониторинга атмосферного воздуха в 2011 г. позволяют сделать вывод, что общая картина состояния атмосферного воздуха в промышленных центрах в целом благополучна. И хотя проблемы загрязнения воздуха в некоторых промышленных центрах существуют, они не являются столь масштабными, какими были в предыдущее десятилетие.

Качество воздуха на станции фонового мониторинга (СФМ) Березинский заповедник

Мониторинг атмосферного воздуха на станции Березинский заповедник организован с целью получения информации о региональном фоновом состоянии атмосферы.

По данным непрерывных наблюдений в 2011 г. содержание в воздухе загрязняющих веществ понизилось. Абсолютные значения среднегодовых и максимальных среднесуточных концентраций

были значительно ниже, чем в предыдущие годы. Ярко выраженных эпизодов с повышенным содержанием в воздухе загрязняющих веществ не зафиксировано.

Содержание диоксида серы и диоксида азота в атмосферном воздухе не превышает национальные и международные стандарты и соответствует современным представлениям о фоновом состоянии атмосферы. Среднегодовые концентрации значительно ниже, чем принятые в мировой литературе допустимые значения для самых чувствительных видов наземной растительности.

Диоксид серы. Среднегодовая фоновая концентрация диоксида серы в 2011 г. составляла 0,21 мкг/м^3 и была минимальной за весь период наблюдений. Максимальная среднемесячная концентрация 0,54 мкг/м^3 отмечена в марте, который характеризовался дефицитом атмосферных осадков (выпало всего 25% нормы).

Максимальная среднесуточная концентрация (3,27 мкг/м^3) зафиксирована 7 января в период с пониженным температурным режимом.

Сезонные изменения содержания в воздухе диоксида серы не имели, как в предыдущие годы, ярко выраженного характера (рис. 3.12). В период апрель–ноябрь среднемесячные концентрации не превышали 0,20 мкг/м^3. Нетипичный (пониженный) уровень загрязнения воздуха диоксидом серы отмечен и в декабре, в течение которого наблюдалась аномально теплая погода.

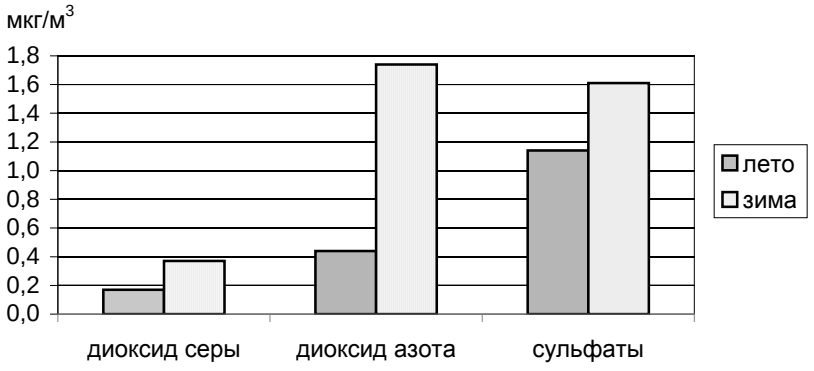

Рис. 3.12. **Сезонные изменения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в Березинском заповеднике в 2011 г.**

Содержание диоксида серы в воздухе в Березинском заповеднике находится на стабильно низком уровне. За последние 10 лет его концентрации понизились на 58%.

Диоксид азота. Среднегодовая фоновая концентрация диоксида азота в воздухе составила 0,83 мкг/м^3 и была существенно ниже, чем в предыдущие семь лет (рис. 3.13).

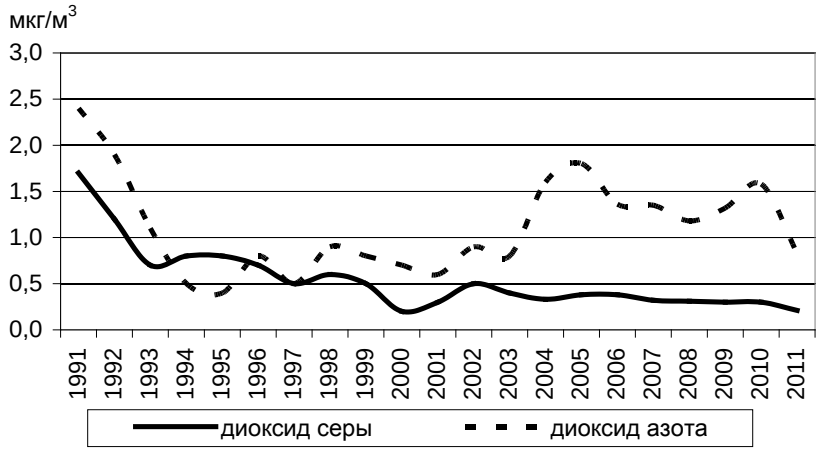

Рис. 3.13. **Изменение средних концентраций диоксида серы и диоксида азота в атмосферном воздухе в Березинском заповеднике в 1991–2011 гг.**

Рост содержания в воздухе диоксида азота отмечен во второй половине февраля, которая характеризовалась пониженным температурным режимом (минимальная температура составила –26,2ºС) и преобладанием ветра северо-восточного направления, обуславливающего перенос загрязняющих веществ от региональных источников выбросов (Новолукомльской ГРЭС, Новополоцкого промузла). Максимальная среднесуточная концентрация (6,79 мкг/м^3) зафиксирована в конце января в период с кратковременным похолоданием, связанным с затоком холодных воздушных масс с севера Европы. В остальное время года среднесуточные концентрации повышались до 3,00–5,00 мкг/м^3 только в отдельные дни. Уровень загрязнения воздуха диоксидом азота в летний период был в 4 раза ниже, чем в зимние месяцы.

Динамика среднегодовых фоновых концентраций диоксида азота неустойчива. Снижение уровня загрязнения в 2011 г. связа-

но, по всей вероятности, с преобладанием благоприятных для рассеивания метеоусловий.

Сульфаты. Среднегодовая фоновая концентрация сульфатов составила 1,2 мкг/м^3. Как и в предыдущие годы, относительно повышенные концентрации сульфатов характерны для холодного периода года. Максимальная среднесуточная концентрация (9,8 мкг/м^3) отмечена 14 марта. Минимальное содержание сульфатов зафиксировано в апреле, июне, августе, сентябре и ноябре: среднемесячные концентрации были ниже 1,0 мкг/м^3.

Значительные межгодовые колебания средних концентраций сульфатов не позволяют однозначно охарактеризовать тренды их изменений, хотя можно проследить их стабилизацию и снижение с 2004 г.

Твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль). Среднегодовая фоновая концентрация твердых частиц в воздухе составила 9 мкг/м^3. Как и в предыдущие годы, на этом фоне выделяется заметное увеличение содержания твердых частиц в апреле–мае, по составу преимущественно терригенного происхождения, что, очевидно, связано с проведением весенних сельскохозяйственных работ в регионе. Кроме того, в конце апреля–начале мая в составе аэрозолей резко возрастает массовая доля пыльцы цветущих растений. Максимальная среднесуточная концентрация твердых частиц (84 мкг/м^3) отмечена 27 мая.

Фоновый уровень концентраций твердых частиц в приземном слое атмосферы региона обусловлен трансграничным переносом. Незначительное повышение содержания твердых частиц в теплый период лимитируется местными природными или антропогенными факторами.

Тяжелые металлы. Среднегодовые фоновые концентрации свинца и кадмия составили соответственно 2,00 и 0,09 нг/м^3. Значимых изменений концентраций указанных металлов в воздухе фоновой территории в 2011 г. не произошло. Сезонные изменения содержания в воздухе металлов не имели ярко выраженного характера. Максимальная среднемесячная концентрация кадмия зафиксирована в июле, свинца – в ноябре. Максимальные среднесуточные концентрации кадмия (0,80 нг/м^3) и свинца (11,8 нг/м^3) отмечены во второй половине октября.

Концентрации ртути измеряли только в январе–феврале. Среднемесячные концентрации варьировали в диапазоне 1,1–1,5 нг/м^3 и были ниже, чем в предыдущем году.

По сравнению с 2005 г. среднегодовые фоновые концентрации свинца понизились на 54%, кадмия – на 68%.

Приземный озон. По данным измерений в январе–мае средние концентрации приземного озона в первой половине дня варьировали в диапазоне 50–90 мкг/м^3, в отдельные дни повышаясь до 95–110 мкг/м^3. Существенное увеличение содержания в воздухе приземного озона на уровне ПДК зафиксировано только 27–28 апреля. Снижение его содержания до 30–45 мкг/м^3 отмечено в основном в пасмурные дни. «Пик» загрязнения зафиксирован в период с 19 по 27 июля: максимальные концентрации превышали ПДК в 1,1 раза. Основная причина увеличения уровня загрязнения – преобладание повышенных температур воздуха (максимальные температуры достигали 28–30ºС). В августе средние концентрации приземного озона варьировали в диапазоне: от 75 до 100 мкг/м^3. Максимальная концентрация (1 ПДК) зафиксирована 26 августа. Следует отметить, что существенный рост содержания в воздухе приземного озона в этот период зафиксирован на всех автоматических станциях, установленных в крупных промышленных центрах страны.

В сентябре средние концентрации находились в пределах 80–110 мкг/м^3, 20 сентября средняя концентрация была почти на уровне ПДК. Существенное снижение (на 40%) содержания в воздухе приземного озона отмечено только в конце месяца. На стабильном уровне (60–80 мкг/м^3) оно сохранялось в ноябре, отличавшемся преобладанием теплой погоды, большим количеством ясных дней и дефицитом атмосферных осадков.

Диоксид углерода. Среднегодовая фоновая концентрация диоксида углерода в воздухе составила 802 мг/м^3 и была несколько выше, чем в предыдущем году. Среднесуточные концентрации варьировали в диапазоне от 744 до 902 мг/м^3. В отдельные дни июля и августа концентрации в ночные часы повышались до 1025–1087 мг/м^3.

Амплитуда значений суточного хода концентраций в летний период была существенно выше, чем в зимний (рис. 3.14).

В теплый период года, особенно летом, четкий суточный ход диоксида углерода обусловлен фотосинтезом. Днем в процессе фотосинтеза диоксид углерода поглощается и его концентрация в воздухе значительно снижается. Ночью при отсутствии фотосинтеза диоксид углерода выделяется в процессе дыхания растений и, соответственно, его концентрация в воздухе значительно увеличивается. Зимой закономерного суточного хода практически нет. Есть хаотические повышения за счет выбросов отопительных установок и дальнего переноса.

Сезонные изменения содержания в воздухе диоксида углерода по-прежнему незначительны: отклонения среднемесячных

концентраций (за исключением ноября) не превышали ±4% (рис. 3.15).

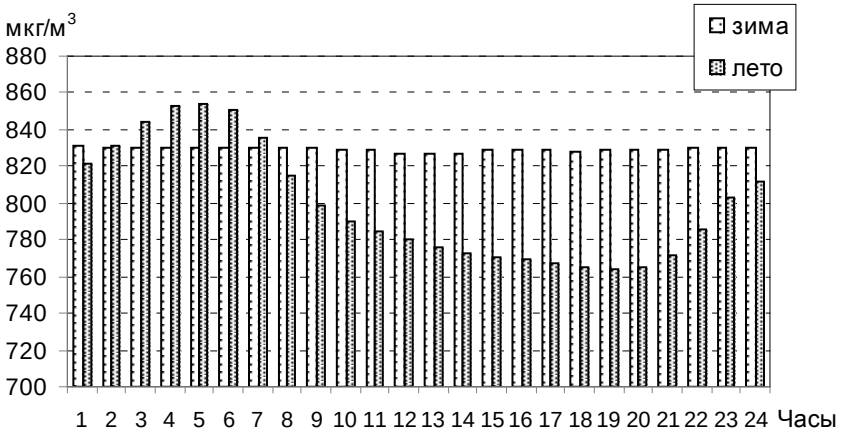

Рис. 3.14. **Суточный ход концентраций диоксида углерода в атмосферном воздухе в Березинском заповеднике в 2011 г.**

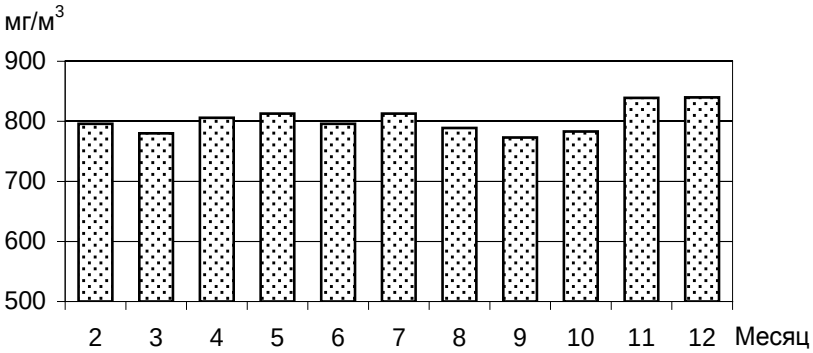

Рис. 3.15. **Среднемесячные концентрации диоксида углерода в атмосферном воздухе в Березинском заповеднике в 2011 г.**

По данным непрерывных измерений, среднегодовые концентрации диоксида углерода варьируют в диапазоне 789–806 мг/м^3 и согласуются с данными зарубежных станций фонового мониторинга.

3.3. Химический состав атмосферных осадков

Мониторинг атмосферных осадков проводили в 19 пунктах. В отобранных пробах определяли кислотность, содержание компонентов основного солевого состава и удельную электропроводность.

В 2011 г. в большинстве пунктов мониторинга осадков выпало меньше нормы. На станции фонового мониторинга в Березинском заповеднике, в Барановичах, Борисове, Гомеле, Орше и Пинске осадков выпало на 15–20%, а в Березино, Могилеве и Гродно – на 25–34% ниже нормы. В пределах нормы выпало осадков только в Жлобине, Мозыре и Пружанах. Во всех пунктах мониторинга дефицит осадков зафиксирован в марте и осенью, особенно в ноябре. К влажным периодам можно отнести июнь–июль. В июле, например, в 11 пунктах осадков выпало в 1,5–2,0 раза выше нормы.

Общая минерализация. Величина общей минерализации атмосферных осадков (сумма ионов) изменялась от 6,5 (Мозырь) до 42,1 мг/дм^3 (Бобруйск). Осадки с малой минерализацией (не более 15 мг/дм^3) отмечены в 9 пунктах, с повышенной (36,6 мг/дм^3–42,1 мг/дм^3) – в Барановичах и Бобруйске (рис. 3.16).

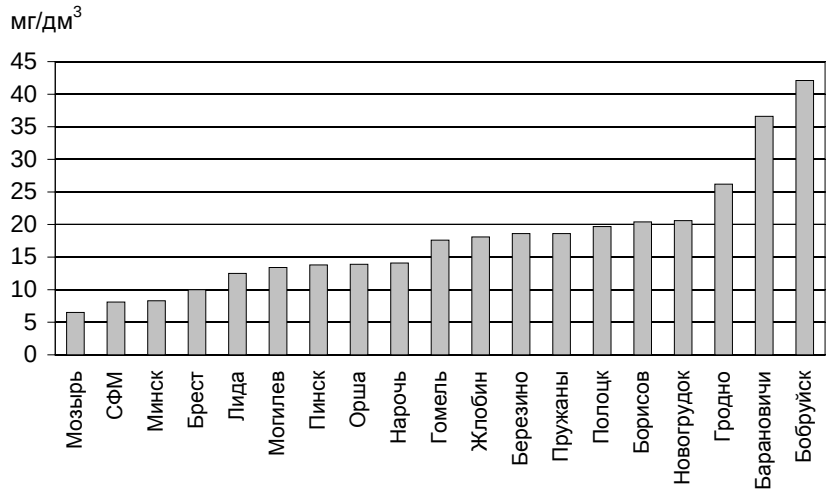

Рис. 3.16. **Минерализация атмосферных осадков в городах Беларуси в 2011 г.**

По сравнению с предыдущим годом минерализация осадков в Гродно и Орше уменьшилась на 13–18%, Новогрудке, Пинске и Минске – 23–29 и в Могилеве – на 46%. Увеличение минерализации осадков на 25–32% отмечено в Пружанах, Лиде, Бобруйске и Гомеле. В Полоцке содержание в осадках загрязняющих веществ повысилось в 1,5 раза. В остальных пунктах минерализация осадков существенно не изменилась (отклонения не превышали ±10%).

В 16 пунктах максимальные значения минерализации отмечены в марте–апреле и ноябре, что было связано с дефицитом атмосферных осадков. В Гродно повышенная минерализация осадков зафиксирована в сентябре–октябре. В Минске и Лиде увеличение суммы ионов отмечено в мае. В Бобруйске высокие значения суммы ионов (более 50 мг/дм^3) сохранялись с августа по ноябрь. Абсолютные максимальные значения минерализации в Пинске, Полоцке и Борисове достигали 69,1–88,0 мг/дм^3, в Бобруйске – 137,2 мг/дм^3. Существенное снижение суммы ионов зафиксировано в июле, который характеризовался избыточным количеством осадков. Тенденция к снижению суммы ионов в большинстве пунктов сохранялась и в августе–сентябре. Абсолютные минимальные значения минерализации (3,1–4,4 мг/дм^3) отмечены в Мозыре, Пинске и Минске. Годовой ход минерализации в большинстве пунктов по-прежнему одинаков (рис. 3.17).

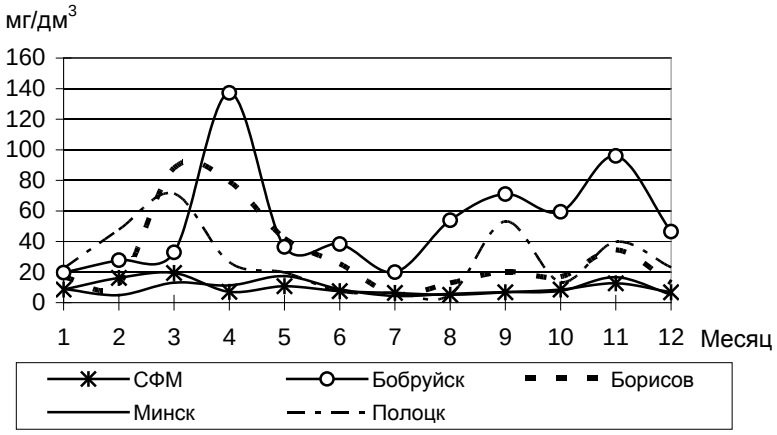

Рис. 3.17. **Годовой ход минерализации атмосферных осадков на метеостанциях в Бобруйске, Борисове, Минске, Полоцке и на станции фонового мониторинга в Березинском заповеднике**

В Березинском заповеднике средняя за год общая минерализация атмосферных осадков сохранялась практически на уровне 2010 г. Существенное увеличение содержания ионов (до 19,4 мг/дм^3) отмечено в марте. В феврале, мае и ноябре содержание ионов варьировало в диапазоне 10,8–16,2 мг/дм^3, а в остальное время не превышало 9,0 мг/дм^3. Осадки с наименьшей минерализацией (5,1 мг/дм^3) отмечены в августе.

Основные компоненты. В 2011 г., как и в предыдущие годы, качественный состав атмосферных осадков характеризовался существенным разнообразием (табл. 3.11 и 3.12). При анализе химического состава атмосферных осадков интерес представляет прежде всего соотношение ионов в них, так как именно оно является отражением характера антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Как и в 2010 г., в анионном составе осадков преобладали гидрокарбонаты – в 16 пунктах мониторинга из 19 гидрокарбонаты являлись доминирующим анионом, содержание которого изменялось от 28 до 63 %-экв. И лишь в Березино, Бресте и Мозыре в анионном составе осадков преобладали сульфаты (от 27 до 40 %-экв), а содержание гидрокарбонатов не превышало 25 %-экв. При этом в Барановичах, Гродно и Жлобине осадки относились к гидрокарбонатному классу (содержание гидрокарбонатов 52–60 %-экв), в Лиде и Нарочи – к нитратно-гидрокарбонатному (35–39 %-экв), на остальных пунктах мониторинга с доминирующими гидрокарбонатами – к сульфатно-гидрокарбонатному (28–63 %-экв).

Сульфаты определяли анионный класс воды атмосферных осадков на 14 пунктах мониторинга из 19, где их содержание изменялось от 25 (Браслав) до 40 %-экв (Мозырь). При этом в Березино осадки относились к сульфатному классу, в Бресте и Мозыре – к нитратно-сульфатному, на остальных пунктах мониторинга – к сульфатно-гидрокарбонатному. В атмосферных осадках в Барановичах, Гродно, Жлобине, Лиде и Нарочи содержание сульфатов не превышало 25 %-экв.

Существенное увеличение содержания в атмосферных осадках сульфатов отмечено в марте–апреле. В Пружанах, Полоцке, Гомеле и Новогрудке концентрации сульфатов в этот период варьировали в диапазоне 8,4–10,0 мг/дм^3 (что в 2,4–2,8 раза выше среднегодовых значений), в Пинске – 10,9–16,6 мг/дм^3 (в 3,7–5,7 раза выше среднегодового значения), а в Барановичах достигали 25,1 мг/дм^3 (в 4,7 раза выше среднегодового значения).

Таблица 3.11

Химический состав атмосферных осадков на территории Беларуси в 2011 г.

Город	Количество осадков, мм	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	pH	Удельная электропроводность, мкСм/см	Сумма ионов, мг/дм^3
		мг/дм^3											
Барановичи	557,5	5,38	2,76	2,58	17,08	1,74	2,38	2,09	2,27	0,36	5,91	54,96	36,64
Березино	506,6	3,95	1,99	3,72	3,88	0,35	1,41	1,55	1,43	0,35	5,71	32,56	18,64
Березинский заповедник	591,0	1,43	0,66	1,68	2,24	0,59	0,33	0,53	0,56	0,12	5,80	13,67	8,14
Бобруйск	584,5	7,27	0,99	2,27	22,93	0,66	0,54	0,68	4,95	1,76	6,22	61,20	42,05
Браслав	553,0	3,25	1,29	2,30	7,77	2,11	0,93	1,11	1,22	0,41	6,14	31,41	20,40
Брест	543,7	1,86	1,20	2,35	2,04	0,74	0,28	0,97	0,52	0,09	5,43	18,00	10,03
Гомель	502,3	3,82	1,01	2,86	5,33	1,08	0,74	0,69	1,81	0,23	5,67	27,46	17,57
Гродно	395,6	3,05	1,22	2,46	12,84	1,65	0,78	1,25	2,51	0,48	5,77	39,79	26,24
Жлобин	619,2	2,40	1,49	1,69	7,85	1,05	0,79	0,71	1,88	0,27	5,84	28,17	18,11
Лида	583,0	1,80	0,74	2,96	4,16	0,40	0,47	0,41	1,16	0,36	5,10	21,57	12,46
Минск	631,1	1,63	0,52	1,33	2,75	0,77	0,34	0,18	0,58	0,16	5,79	14,26	8,27
Могилев	568,6	2,32	0,62	2,58	4,43	1,01	0,40	0,59	1,28	0,29	5,64	22,19	13,53
Мозырь	648,6	1,87	0,34	1,78	1,20	0,54	0,17	0,14	0,39	0,11	5,39	11,99	6,54
Нарочь	666,8	1,81	1,01	3,68	4,12	0,64	0,78	0,74	0,95	0,32	5,13	22,56	14,06
Новогрудок	704,0	3,78	1,02	3,19	6,70	1,42	0,67	0,89	2,58	0,36	5,14	35,36	20,60
Орша	544,2	2,28	0,75	1,43	5,59	1,22	0,41	0,66	1,19	0,39	6,06	22,56	13,93
Пинск	499,7	2,92	0,93	2,49	3,71	0,79	0,59	0,65	1,57	0,16	5,65	22,88	13,82
Полоцк	625,6	3,26	2,08	3,17	4,33	0,61	1,25	1,10	2,88	0,97	6,15	30,49	19,66
Пружаны	611,1	3,32	1,20	2,11	7,62	1,21	0,92	0,90	1,23	0,14	5,99	29,94	18,64

Таблица 3.12

Ионный состав и тип воды атмосферных осадков на территории Беларуси в 2011 г.

Наименование пункта	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Тип воды атмосферных осадков*
	%-экв									
Барановичи	22	15	8	55	24	26	13	29	7	Гидрокарбонатный натриево-кальциевый
Березино	31	21	23	24	9	28	18	32	13	Сульфатный натриево-кальциевый
Березинский заповедник	26	17	24	33	33	15	14	28	10	Сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-аммонийный
Бобруйск	26	5	6	63	8	5	4	53	31	Сульфатно-гидрокарбонатный магниево-кальциевый
Браслав	25	14	14	47	42	14	10	22	12	Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийный
Брест	27	23	27	23	37	11	22	23	7	Нитратно-сульфатный аммонийный
Гомель	33	12	19	36	27	15	8	41	9	Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый
Гродно	18	10	12	60	28	11	10	39	12	Гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый
Жлобин	20	17	11	52	26	15	8	41	10	Гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый
Лида	21	12	28	39	16	15	7	41	21	Нитратно-гидрокарбонатный кальциевый
Минск	29	13	19	39	41	14	4	28	13	Сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-аммонийный
Могилев	27	10	23	40	32	10	9	36	14	Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый
Мозырь	40	10	30	20	43	11	5	28	13	Нитратно-сульфатный кальциево-аммонийный
Нарочь	19	15	31	35	22	21	12	29	16	Нитратно-гидрокарбонатный кальциевый
Новогрудок	29	11	19	41	27	10	8	45	10	Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый
Орша	26	12	13	50	35	9	9	31	17	Сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-аммонийный
Пинск	32	14	22	32	25	14	9	44	7	Сульфатно-гидрокарбонатный аммонийно-кальциевый
Полоцк	27	24	21	28	10	16	8	42	23	Сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый
Пружаны	26	13	13	48	33	20	11	30	6	Сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-аммонийный

*Согласно классификации О.А. Алекина.

Нитраты в значительном количестве присутствовали в атмосферных осадках в Бресте, Лиде, Мозыре и Нарочи – 27–31 %-экв. На остальных пунктах мониторинга их количество не превышало 25 %-экв.

Хлориды в атмосферных осадках в 2011 г. присутствовали в незначительных количествах, их содержание в среднем за год изменялось от 5 (Бобруйск) до 24 %-экв (Полоцк).

В катионном составе атмосферных осадков в Беларуси «традиционно» преобладают кальций и ион аммония. В 2011 г. содержание кальция в осадках ниже 25 %-экв отмечено только в Браславе и Бресте. Для остальных пунктов мониторинга оно составило 28–53 %-экв. Содержание иона аммония ниже 25 %-экв было характерно для Барановичей, Березино, Бобруйска, Лиды, Нарочи и Полоцка. Для остальных пунктов мониторинга оно составило 25–43 %-экв. По катионному составу класс воды атмосферных осадков в большинстве пунктов мониторинга в зависимости от соотношения содержания кальция и иона аммония являлся аммонийно-кальциевым, кальциевым, кальциево-аммонийным либо аммонийным.

В ряду атмосферных осадков по катионному составу выделяются осадки в Барановичах и Березино, для которых в 2011 г. было характерно повышенное содержание натрия (26–28 %-экв) и, соответственно, натриево-кальциевый класс, а также осадки в Бобруйске с повышенным содержанием магния (31 %-экв) и магниево-кальциевым классом.

В Березинском заповеднике доминирующее положение занимали гидрокарбонаты и сульфаты – соответственно 33 и 26 %-экв. Достаточно высоким было и содержание нитратов – 24 %-экв. В отопительный сезон содержание в атмосферных осадках сульфатов и нитратов повышалось в 1,5–1,7 раза по сравнению с теплым периодом года. Максимальное содержание гидрокарбонатов (5,5 мг/дм^3) отмечено в феврале. В катионном составе осадков преобладали кальций (28 %-экв) и ион аммония (33 %-экв). Осадки принадлежали к сульфатно-гидрокарбонатному кальциево-аммонийному типу.

Кислотность осадков. Кислотность атмосферных осадков обусловлена распределением вклада основных кислотообразующих ионов (SO_4^{2-} и NO_3^-) и ионов HCO_3^-. Кислотность незагрязненных осадков составляет 5,6–5,7. Осадки с такой концентрацией ионов водорода принято считать нейтральными.

Среднегодовые величины pH в Новогрудке, Лиде и на Нарочи в 2011 г. составляли 5,1, в Бресте и Мозыре – 5,4. В Березино,

Гомеле, Могилеве и Пинске среднегодовые величины pH находились в пределах 5,6–5,7, в остальных пунктах – 5,8–6,2.

Выпадения кислых осадков (pH<5,0) зафиксированы в Березинском заповеднике, Бресте, Гомеле, Жлобине, Минске, Могилеве и Мозыре. В Березинском заповеднике, Могилеве, Жлобине и Гомеле повторяемость выпадений кислых осадков составляла от 5 до 8%, Бресте – 16, Мозыре – 21 и Минске – почти 27%. По сравнению с предыдущим годом повторяемость выпадений кислых осадков в Бресте и Минске увеличилась. В большинстве пунктов выпадения кислых осадков отмечены в отопительный сезон, особенно в январе. В Могилеве кислые осадки чаще всего фиксировались летом. В 2011 г. минимальное значение (pH 4,0) зарегистрировано 12 января в Бресте.

Для всех пунктов по-прежнему характерны слабощелочные осадки. Повторяемость их составляла от 39% в Минске до 97% в Новогрудке. В течение года в Бресте, Гомеле, Минске, Могилеве, Орше и Пинске эпизодически отмечались выпадения щелочных осадков (pH>7,0). Чаще всего выпадения щелочных осадков наблюдались в Бобруйске и Полоцке – повторяемость их составляла свыше 50%. Вместе с тем следует отметить, что в Полоцке в последние годы наблюдается тенденция к снижению выпадений осадков с pH>8,0: в 2010 г., например, зафиксировано 18, а в 2011 г. – только 2 выпадения. Максимально значение pH (8,1) отмечено 7 июля.

В Березинском заповеднике выпадения слабощелочных осадков отмечались ежемесячно. В последние годы прослеживается устойчивая динамика к снижению выпадений кислых осадков и увеличению выпадений слабощелочных.

Таким образом, результаты исследований химического состава атмосферных осадков в 2011 г. позволили сделать следующие выводы:

– в Мозыре, Березинском заповеднике, Минске, Бресте, Лиде, Могилеве, Пинске, Орше и на Нарочи выпадали осадки с малой минерализацией (не более 15,0 мг/дм^3). Повышенная минерализация осадков (36,6–42,1 мг/дм^3) отмечена только в Барановичах и Бобруйске. В остальных пунктах мониторинга среднегодовая минерализация осадков составляла от 17,6 до 26,2 мг/дм^3;

– в осадках, выпавших в Березинском заповеднике, Бобруйске, Браславе, Гомеле, Минске, Могилеве, Новогрудке, Орше, Пинске, Полоцке и Пружанах доминировали гидрокарбонаты и сульфаты, в Лиде и на Нарочи – гидрокарбонаты и нитраты, в Бресте и

Мозыре – сульфаты и нитраты, в Барановичах, Гродно и Жлобине – гидрокарбонаты, в Березино – сульфаты;

– в большинстве пунктов выпадения кислых осадков отмечены в отопительный сезон. Наибольшая повторяемость выпадений кислых осадков характерна для Бреста, Мозыря и Минска. В Березинском заповеднике повторяемость выпадений кислых осадков существенно уменьшилась (с 20 до 5%);

– в течение года слабокислые осадки (5,0≤pH≤5,5) выпадали в большинстве пунктов. Вместе с тем в Полоцке, расположенном в ближнем следе загрязнения от крупного источника выбросов диоксида серы – Новополоцкого промузла, закисление на протяжении многих лет не регистрируется.

Химический состав атмосферных осадков на станциях Высокое, Браслав и Мстиславль

В 2011 г. в рамках Программы ЕМЕП на станции Высокое (западная граница Беларуси) продолжались работы по мониторингу атмосферных осадков. Дополнительно, в рамках данной программы работ, начаты наблюдения за суточными выпадениями атмосферных осадков на станциях Мстиславль (восточная граница Беларуси) и Браслав (северная граница Беларуси).

Характеристика основных компонентов химического состава атмосферных осадков на станциях Высокое, Браслав и Мстиславль в 2011 г. представлена в таблице 3.13.

На станции Высокое кислотность атмосферных осадков измеряли только в сентябре–декабре. Среднемесячные величины pH в этот период варьировали в диапазоне от 4,6 до 5,8. Минимальные значения pH отмечены в сентябре. На станции Мстиславль значения pH варьировали в диапазоне от 4,2 до 6,9 при среднем годовом 5,5. Наибольшая повторяемость выпадений кислых осадков (pH<5,0) отмечена в зимние месяцы и августе. На станции Браслав значения pH атмосферных осадков варьировали в диапазоне от 5,4 до 7,7 при среднем годовом 6,5. Минимальное значение pH отмечено в осадках, выпавших 19–20 марта, максимальное – 21–22 июня.

Анализ данных показал, что в районе станции Высокое содержание сульфатной серы в осадках на 20%, а нитратного (окисленного) и аммонийного (восстановленного) азота – на 63% выше, чем в районе станции Мстиславль. В северной части Беларуси (станция Браслав) концентрации этих же компонентов были в 1,5–2,0 раза ниже, чем в западной и восточной частях страны.

Таблица 3.13

Средневзвешенные концентрации основных компонентов химического состава атмосферных осадков на станциях Высокое, Браслав и Мстиславль в 2011 г.

Месяц	Высокое					Браслав					Мстиславль				
	Количество осадков, мм	pH	SO_4^{2-} мгS/дм^3	NO_3^-	NH_4^+	Количество осадков, мм	pH	SO_4^{2-} мгS/дм^3	NO_3^-	NH_4^+	Количество осадков, мм	pH	SO_4^{2-} мгS/дм^3	NO_3^-	NH_4^+
				мгN/дм^3					мгN/дм^3					мгN/дм^3	
Январь	33,6	–	1,27	0,56	0,80	55,5	6,66	0,60	0,29	0,24	51,8	4,90	1,03	0,48	0,46
Февраль	34,7	–	0,83	0,53	0,68	30,5	6,45	0,79	0,42	0,34	25,5	5,04	1,07	0,91	0,74
Март	11,1	–	2,30	1,62	2,22	13,6	6,13	0,88	0,46	0,67	3,5	4,81	2,37	1,36	1,74
Апрель	42,6	–	1,10	0,82	1,74	24,0	6,57	0,34	0,29	0,30	20,1	6,17	0,80	0,42	0,96
Май	50,3	–	0,86	0,80	1,27	72,6	6,23	0,49	0,26	0,50	64,2	5,87	1,10	0,39	1,06
Июнь	65,9	–	0,48	0,24	0,65	32,5	7,00	0,44	0,30	0,43	111,5	6,38	0,42	0,15	0,33
Июль	153,5	–	0,50	0,33	0,56	59,7	6,25	0,25	0,14	0,31	129,5	5,68	0,39	0,20	0,30
Август	19,8	–	0,23	0,44	0,46	79,4	6,67	0,27	0,20	0,16	77,5	4,71	0,30	0,18	0,19
Сентябрь	13,2	4,65	0,53	0,46	0,57	35,8	6,35	0,66	0,38	0,55	36,4	5,15	0,24	0,23	0,34
Октябрь	11,4	5,78	0,69	0,62	0,78	22,8	6,84	0,27	0,23	0,24	17,6	5,17	0,63	0,56	0,78
Ноябрь	7,0	5,53	1,36	0,88	1,73	13,6	7,02	0,96	0,46	0,46	7,8	5,44	1,22		1,54
Декабрь	28,5	5,69	0,58	0,83	0,47	44,0	6,64	0,53	0,28	0,23	53,9	5,02	0,96	0,55	0,70
Средние за год	471,6	–	0,73	0,52	0,83	484,0	6,49	0,45	0,25	0,34	599,3	5,51	0,61	0,32	0,51

Вместе с тем в годовом ходе существенный рост содержания основных компонентов в атмосферных осадках на трансграничных станциях зафиксирован (как и на большинстве пунктов стационарной сети мониторинга) в марте и ноябре, которые характеризовались дефицитом атмосферных осадков (рис. 3.18–3.20).

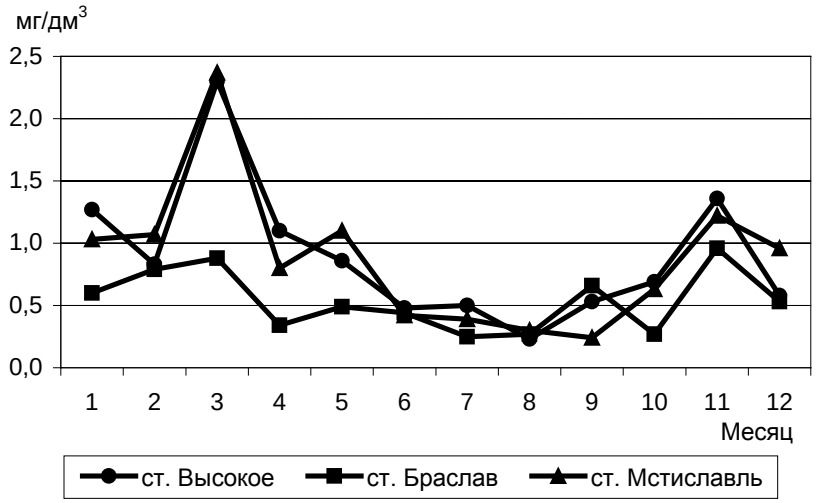

Рис. 3.18. **Средневзвешенные концентрации сульфатной серы в атмосферных осадках на станциях Высокое, Браслав и Мстиславль в 2011 г.**

Диапазон минимальных и максимальных концентраций весьма значителен (табл. 3.14). По некоторым компонентам максимальные концентрации на несколько порядков выше минимальных.

Максимальные концентрации в суточных выпадениях осадков на станциях Браслав и Мстиславль отмечены 10–12 марта, на станции Высокое – 18–19 марта. Минимальные концентрации в суточных выпадениях осадков зафиксированы в основном в июле–сентябре.

Динамика среднегодовых взвешенных концентраций серы и азота на станции Высокое неустойчива, однако по сравнению с 2002 г. содержание в осадках сульфатной серы понизилось на 51%, азота нитратного – 37 и азота аммонийного – на 10% (табл. 3.15).

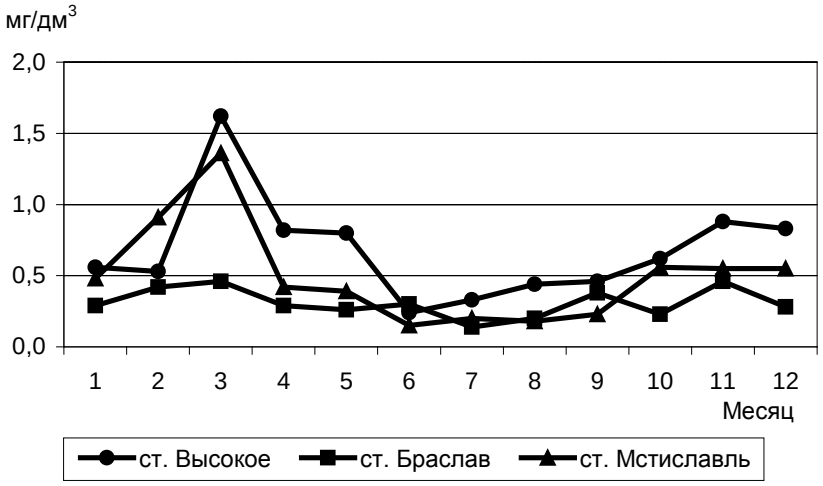

Рис. 3.19. **Средневзвешенные концентрации нитратного азота в атмосферных осадках на станциях Высокое, Браслав и Мстиславль в 2011 г.**

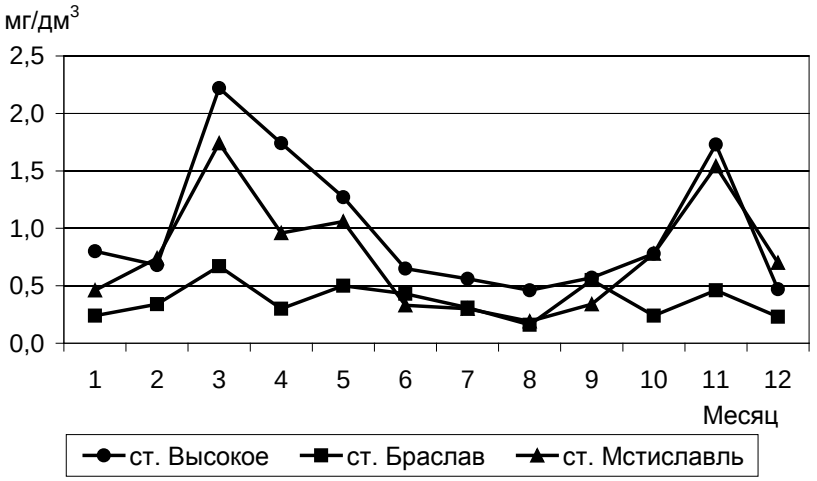

Рис. 3.20. **Средневзвешенные концентрации аммонийного азота в атмосферных осадках на станциях Высокое, Браслав и Мстиславль в 2011 г.**

Таблица 3.14

Минимальные и максимальные концентрации сульфатной серы, нитратного и аммонийного азота в атмосферных осадках на трансграничных станциях Высокое, Браслав и Мстиславль в 2011 г.

Станция	SO_4^{2-}, мгS/дм^3		No_3^-, мгN/дм^3		NH_4^+, мгN/дм^3	
	min	max	min	max	min	max
Высокое	0,11	4,87	0,05	2,99	0,20	4,26
Мстиславль	0,02	4,55	0,04	2,77	0,03	3,64
Браслав	0,10	2,53	0,02	1,59	0,04	2,19

Таблица 3.15

Динамика среднегодовых взвешенных концентраций серы и азота и величины pH в атмосферных осадках на ст. Высокое в 2002–2011 гг.

Год	pH	Сера сульфатов	Азот нитратный	Азот аммонийный
		мг/дм^3		
2002	6,36	1,49	0,83	0,92
2003	6,30	1,75	0,74	0,68
2004	6,63	1,79	0,40	1,01
2005	5,55	1,87	0,38	0,94
2006	6,70	0,94	0,38	0,70
2007	6,50	1,03	0,72	0,69
2008	6,75	1,53	0,50	0,94
2009	6,45	0,82	0,47	0,98
2010	–	0,72	0,43	0,75
2011	–	0,73	0,52	0,83

Состояние снежного покрова

В зимнем сезоне 2010–2011 гг. в 20 пунктах Беларуси проведена снегомерная съемка. Пробы отобраны в период максимального накопления влагозапаса в снеге (28 февраля). Характеристика химического состава снежного покрова приведена в таблице 3.16.

Сульфаты. Пространственное распределение сульфатов в снежном покрове неоднородно. В 13 из 20 пунктов концентрации сульфатов находились в пределах от 0,9 до 2,0 мг/дм^3, что характерно для слабого уровня загрязнения, обусловленного рассеиванием соединений серы на больших площадях в результате дальнего переноса от антропогенных и естественных источников. В районах Славгорода, Барановичей, Минска и Пружан содержание в снежном покрове сульфатов было в 1,5–2,0 раза выше.

Таблица 3.16

Химический состав снежного покрова на территории Беларуси в зимний сезон 2010–2011 гг.

Станция	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	N^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cd^{2+}	Pb^{2+}	pH	Удельная электропроводность, мкСм/с
Барановичи (МС Барановичи)	3,04	3,55	1,53	13,82	1,21	3,55	1,39	2,74	0,45	0,05	8,44	6,08	46,50
Березинский заповедник (СФМ)	1,55	1,27	1,31	4,07	0,80	1,12	1,54	0,53	0,15	0,08	1,72	5,81	20,30
Бобруйск (АМСГ Бобруйск)	0,91	1,37	1,48	6,30	0,16	1,29	1,06	1,40	0,38	0,05	1,25	5,17	25,10
Витебск (МС Витебск)	1,19	1,47	1,14	10,24	0,40	1,05	0,42	2,81	0,36	0,05	0,98	5,82	28,90
Волковыск (АС Волковыск)	1,19	0,49	1,98	2,66	0,33	0,27	0,34	0,87	0,19	0,05	1,24	5,57	14,26
Высокое (МС Высокое)	1,19	0,72	3,10	1,55	0,56	0,39	0,16	0,85	0,22	0,04	1,75	5,71	16,44
Ганцевичи (МС Ганцевичи)	0,97	1,24	0,77	8,94	0,87	1,99	1,56	1,10	0,39	0,04	2,47	6,08	28,30
Гомель (Гомельоблгидромет)	18,43	6,23	0,20	51,16	9,11	4,50	5,82	5,82	0,92	0,05	5,42	6,34	142,20
Горки (АС Горки)	0,95	0,52	1,16	2,10	0,22	0,20	0,15	0,48	0,20	0,05	1,62	6,26	9,79
Гродно (АМСГ Гродно)	1,25	1,76	2,23	3,58	1,05	1,32	0,85	0,70	0,14	0,05	0,96	5,81	23,20
Езерище (МС Езерище)	0,91	1,30	1,38	6,61	0,37	0,93	0,78	1,57	0,53	0,05	0,98	5,70	23,90

Продолжение таблицы 3.16

Станция	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	N^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cd^{2+}	Pb^{2+}	pH	Удельная электропро-водность, мкСм/с
Костюковичи (МС Костюковичи)	1,75	0,42	1,98	5,81	0,32	0,61	0,56	1,65	0,26	0,05	1,82	5,68	20,20
Лида (МС Лида)	0,99	1,04	1,55	12,46	0,51	1,18	0,63	2,77	0,60	0,08	2,99	6,04	31,20
Минск (МС Колодищи)	3,46	1,76	0,83	16,15	1,26	1,19	1,58	2,93	0,60	0,05	10,40	6,36	42,60
Мозырь (МЦГМ Мозырь)	7,02	15,26	3,22	12,52	0,53	10,70	1,45	4,78	0,94	0,05	1,69	6,19	100,40
Нарочь (ОС Нарочь)	0,63	0,55	1,38	3,03	0,27	0,26	0,53	0,86	0,31	0,05	1,04	6,37	13,10
Пинск (МЦГМ Пинск)	0,97	0,23	2,57	0,00	0,16	0,10	0,15	0,67	0,11	0,05	1,28	5,03	12,20
Полоцк (ГС Полоцк)	1,25	0,49	0,31	4,20	1,14	0,21	0,19	0,66	0,16	0,05	2,84	5,62	14,20
Пружаны (МС Пружаны)	4,27	0,59	2,64	3,76	0,56	0,23	1,83	1,16	0,34	0,04	3,89	5,68	23,70
Славгород (МС Славгород)	2,44	0,55	0,09	4,59	1,58	0,29	0,14	1,14	0,31	0,05	6,81	5,10	21,30

Максимальные концентрации сульфатов зафиксированы в Мозыре (7,0 мг/дм^3) и Гомеле (18,4 мг/дм^3). Минимальное содержание сульфатов в снежном покрове (0,6 мг/дм^3), соответствующее уровню глобального фона, отмечено в Нарочанском регионе.

Нитраты и ион аммония. В районах станций Гродно, Высокое, Пружаны, Пинск и Мозырь концентрации нитратов находились в пределах от 2,2 до 3,2 мг/дм^3. Минимальное содержание нитратов в снежном покрове (0,1–0,3 мг/дм^3) зафиксировано в Славгороде, Гомеле и Полоцке. В остальных пунктах концентрации варьировали в диапазоне от 0,8 до 2,0 мг/дм^3.

Поля с концентрациями ионов аммония 1,0 мг/дм^3 и менее занимают почти всю территорию Беларуси. Несколько выше (1,1–1,6 мг/дм^3) содержание ионов аммония в районах Полоцка, Баранович, Минска и Славгорода. Отдельным пятном выделяется район метеостанции Гомель, где содержание ионов аммония в снежном покрове составило 9,1 мг/дм^3.

Кислотность. Основным экологическим последствием сульфатного и нитратного загрязнения является закисление осадков, в том числе снежного покрова. Кислотность снежного покрова является интегральной величиной и зависит не только от концентраций кислот, но и от наличия оснований, их нейтрализующих.

По данным измерений, минимальные значения кислотности снежного покрова (pH 5,0–5,2) отмечены в Пинске, Славгороде и Бобруйске. В остальных пунктах значения pH варьировали в диапазоне от 5,6 до 6,4.

Как и в предыдущие годы, связь между концентрациями сульфатов и нитратов и значениями pH неоднозначна. Прямой корреляции – увеличения кислых свойств снежного покрова с увеличением концентраций сульфатов и нитратов – не отмечено.

3.4. Трансграничный перенос и атмосферные выпадения загрязняющих веществ

Состояние воздушной среды на территории Беларуси во многом определяется поступлением загрязняющих веществ с трансграничным переносом. По последним модельным расчетам Метеорологического синтезирующего центра «Запад» Программы ЕМЕП годовой поток выпадений на территорию Беларуси в 2009 г. составил 111,6 тыс.т серы, 67,3 тыс.т окисленного и 98,5 тыс.т восстановленного азота. По сравнению с 2008 г. выпадения серы увеличились на

3%, окисленного азота – уменьшились на 6%, восстановленного азота – практически не изменились.

Расчетные фоновые концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе на территории Беларуси в 2009 г. составили 0,5–3,3 мкгS/м^3, диоксида азота – 0,7–3,7 мкгN/м^3. Среднегодовые расчетные концентрации взвешенных частиц фракции <10 мкм (ТЧ10) от антропогенных источников варьировали по территории Беларуси от 3,8 до 7,5 мкг/м^3 (среднее – 5 мкг/м^3). Расчетные концентрации взвешенных веществ фракции <2,5 мкм (ТЧ2,5) изменялись от 2,6 до 5,3 мкг/м^3 (среднее – 4 мкг/м^3).

Средние суточные концентрации приземного озона в 2009 г. составили 27–31 ppb (средняя концентрация по Беларуси – 30 ppb), максимальная средняя суточная – 38 ppb. Величина показателя содержания озона AOT40f (суммарное аккумулированное за год содержание озона выше 40 ppb) составила 7000–14500 ppb-ч (среднее – 9644 ppb-ч); величина показателя содержания озона SOMO35 (сумма за год осредненных концентраций озона, превышающих 35 ppb) составила 1500–2100 ppb-дней (среднее – 1682 ppb-дней).

Основной пространственный тренд содержания большинства компонентов в атмосферном воздухе на территории Беларуси – увеличение с северо-востока на юго-запад (рис. 3.21–3.22).

По оценкам Метеорологического синтезирующего центра «Восток» Программы ЕМЕП годовой поток выпадений свинца от антропогенных источников на территорию Беларуси в 2009 г. составил 89,1 т, кадмия – 4,15 т, ртути – 0,65 т, бензо(а)пирена – 6,34 т, диоксинов/фуранов – 74,59 гЭТ.

По сравнению с 2008 г. в 2009 г. выпадения свинца уменьшились на 8%, кадмия – 25, ртути – на 33%, выпадения бензо(а)пирена практически не изменились, диоксинов/фуранов – увеличились на 4%.

По сравнению с 2000 г. суммарные выпадения серы на территорию Беларуси в 2009 г. сократились на 29,5%, окисленного и восстановленного азота – на 11% (табл. 3.17).

По оценкам центров ЕМЕП доля трансграничной серы в выпадениях на территорию Беларуси в 2009 г. составила 88%, окисленного азота – 91%, восстановленного азота – 42%; 72% «антропогенного» свинца, 71% кадмия, 77% ртути, 51% бензо(а)пирена, 72% диоксинов/фуранов, выпадающих на территорию Беларуси, также имели внешнее происхождение.

В поступлении на территорию Беларуси окисленной серы, окисленного и восстановленного азота основной вклад принадлежит странам-соседям: Польше, Украине и России (рис. 3.23). Эти же страны являются основными поставщиками в Беларусь тяжелых ме-

таллов и бензо(а)пирена: Польша – 17% свинца, 4 – кадмия, 28 – ртути, 11 – бензо(а)пирена и 13% диоксинов/фуранов; Украина – 8% свинца, 3 – кадмия, 9 – ртути, 23 – бензо(а)пирена и 34% диоксинов/фуранов; Европейская территория России – 28% свинца, 17 – кадмия, 8 – ртути, 1 – бензо(а)пирена и 8% диоксинов/фуранов. На долю Румынии приходится 1% свинца, 1 – кадмия и 3% бензо(а)пирена; Германии – 2% свинца и 1% кадмия. Отметим, что восстановленный азот имеет в основном местное происхождение. Соседние страны являются также источниками выбросов оксидов азота и НМЛОС, служащих предшественниками приземного озона, внося основной вклад в AOT40f и SOMO35 на территории Беларуси. В свою очередь, 67% серы, 86% окисленного и 53% восстановленного азота от источников на территории Беларуси в 2009 г. выпало за пределами страны.

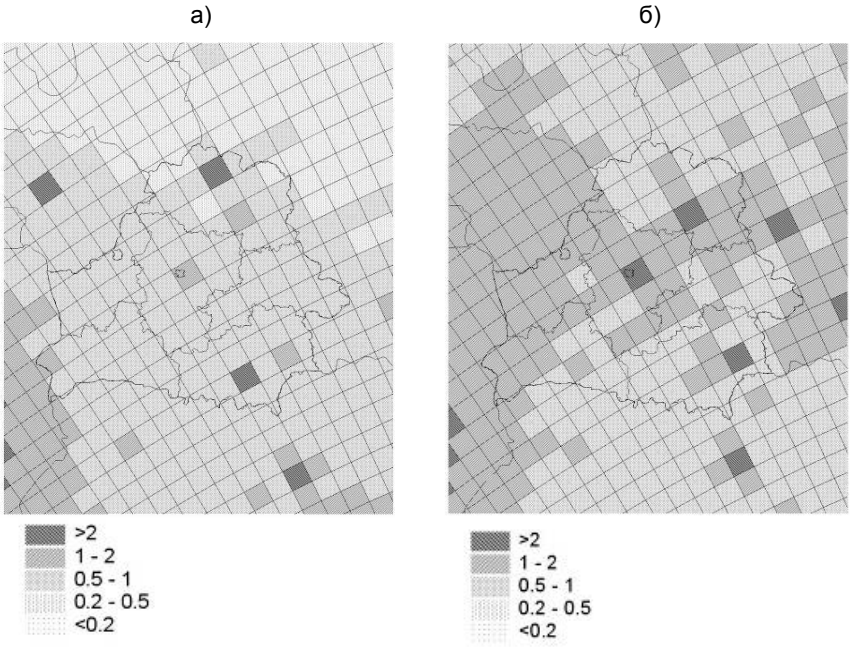

Рис. 3.21. **Среднее содержание диоксида серы (а) (мкгS/м^3) и диоксида азота (б) (мкгN/м^3) в атмосферном воздухе на территории Беларуси в 2009 г. по данным Программы ЕМЕП**

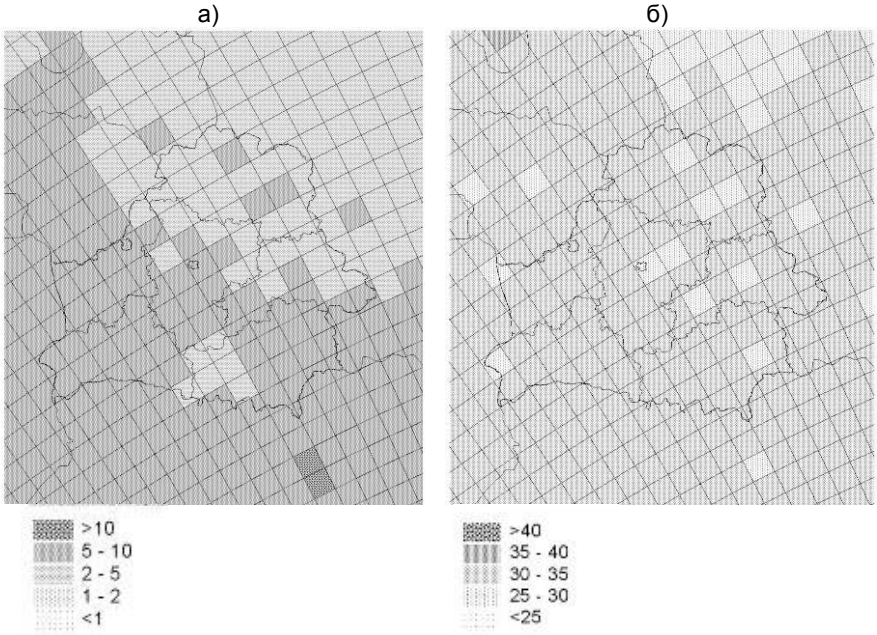

Рис. 3.22. **Среднее содержание ТЧ10 (а) (мкг/м^3) и приземного озона (б) (ppb) в атмосферном воздухе на территории Беларуси в 2009 г. по данным Программы ЕМЕП**

Таблица 3.17

Динамика атмосферных выпадений серы и азота на территории Беларуси за период с 2000 по 2009 г. по данным Программы ЕМЕП, тыс.т

Вещество	Год									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Окисленная сера	159	165	148	142	124	120	127	124	111	112
Окисленный азот	73	72	67	67	66	66	70	71	71	65
Восстановленный азот	111	106	97	92	92	99	95	99	99	99

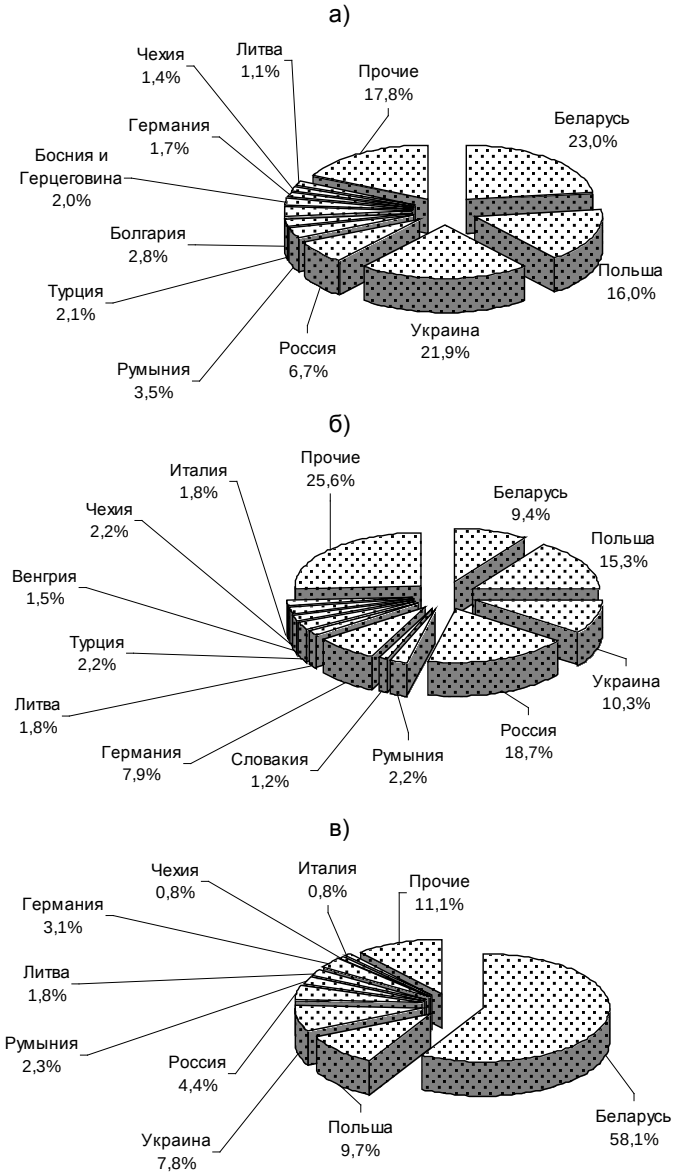

Рис. 3.23. **Источники выпадений серы (а), окисленного (б) и восстановленного (в) азота на территории Беларуси в 2009 г. по данным Программы ЕМЕП**

По сравнению с 1997 г. относительный вклад местных источников выбросов в выпадения серы к 2008 г. сократился на 4% (с 19 до 15%), окисленного азота – на 10% (с 15 до 5%), восстановленного азота – на 15% (с 62 до 47%). В выпадения серы существенно увеличился вклад Украины и снизился вклад Германии. В выпадения окисленного азота возрос вклад России и Украины и снизился Польши. В выпадения восстановленного азота возрос вклад Польши и снизился Украины.

Можно также отметить, что в выпадения серы и окисленного азота на территории Беларуси вклад западных соседей снижается, а восточных и юго-восточных – возрастает. В то же время для восстановленного азота характерна обратная тенденция.

Информацию о выпадениях серы и азота на территории Беларуси, дополняющую оценки по моделям переноса и осаждения в рамках Программы ЕМЕП, позволяют получить данные сети мониторинга химического состава атмосферных осадков в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС). Интенсивность потока осаждения с атмосферными осадками рассчитывалась по станциям как функция средней годовой концентрации компонента и годового количества осадков.

Интенсивность выпадений серы, рассчитанная таким образом, в 2011 г. варьировала от 281,7 (Березинский заповедник) до 1416,4 кг/км^2/год (Бобруйск) при среднем значении 564,3 кг/км^2/год (рис. 3.24). Интенсивность потока окисленного азота варьировала от 175,7 (Орша) до 554,1 кг/км^2/год (Нарочь) при среднем значении 312,5 кг/км^2/год. Интенсивность выпадений восстановленного азота изменялась от 137,9 (Березино) до 907,5 кг/км^2/год (Браслав) при среднем уровне 425,5 кг/км^2/год. В 2011 г. по сравнению с 2010 г. средние выпадения окисленной серы снизились на 23%, окисленного азота – на 26%, восстановленного азота – на 21% (рис. 3.25). Изменение расчетных уровней выпадений отчасти может быть обусловлено изменением методики расчета выпадений в 2011 г.

Для оценки потенциального экологического эффекта атмосферных выпадений на фоновые территории по данным СФМ Березинский заповедник рассчитаны выпадения основных закисляющих соединений (серы и азота) и физиологически активных основных катионов (кальция, магния и калия) в эквивалентной форме (рис. 3.26). Разность поступления этих групп соединений характеризует потенциал закисления.

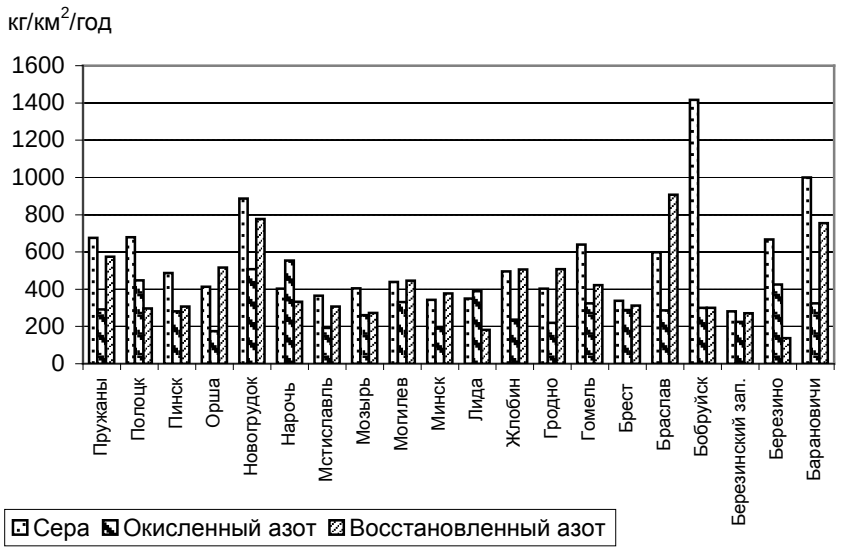

Рис. 3.24. **Средняя интенсивность атмосферных выпадений соединений серы и азота на территории Беларуси в 2011 г.**

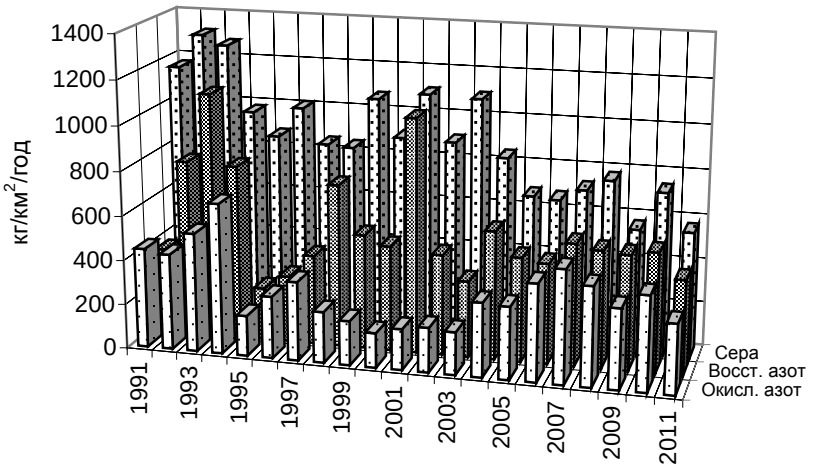

Рис. 3.25. **Динамика средней интенсивности атмосферных выпадений соединений серы и азота на территории Беларуси в 1991–2011 гг.**

Рис. 3.26. **Динамика потенциала закисления природной среды, обусловленного атмосферными осадками, в 1981–2011 гг. (по данным СФМ Березинский заповедник)**

Хорошо выражен нисходящий тренд потенциала закисления среды для первой половины 1990-х годов, что связано, в первую очередь с сокращением поступления основных закисляющих соединений (рис. 3.26). В последующие годы он не имел выраженного тренда, однако в 2010 г. резко снизился вследствие роста выпадений основных катионов при сокращении поступления закисляющих соединений и впервые за период наблюдения принял отрицательное значение. Тенденция к снижению закисления подтверждается ростом в последние годы кислотности атмосферных осадков на СФМ Березинский заповедник: среднее значение pH осадков в 2010 г. достигло 6,0. В 2011 г. потенциал закисления вновь повысился до 226,2 г-экв/га/год, а средний показатель pH атмосферных осадков составил 5,8.

3.5. Годовой режим атмосферного озона и уровня приземного ультрафиолета

В 2011 г. на Минской озонометрической станции ННИЦ МО БГУ проводились регулярные измерения общего содержания озона (ОСО) в столбе атмосферы, концентраций приземного (тропосферного) озона, уровней приземного ультрафиолетового солнечного излучения. На лидарной станции Института физики НАН Беларуси осуществлялись измерения вертикальных профилей распределения ОСО и параметров атмосферных аэрозолей.

Общее содержание озона рассматривается в качестве одного из основных климатических параметров, так как поглощение озоном коротковолновой солнечной радиации и излучение в инфракрасной области спектра являются важными параметрами радиационного и термического баланса всей атмосферы. Именно общее содержание озона в атмосфере определяет уровень и спектральный состав приземного биологически активного солнечного ультрафиолетового излучения на поверхности Земли.

Согласно оценке ВМО, снижение содержания озона в атмосфере в глобальных масштабах значительно замедлилось в середине 1990-х годов и остановилось после 2000 г. На сегодняшний день содержание озона в глобальных масштабах на 3,5 и 2,5% ниже уровня 1980-х годов соответственно для атмосферы высоких и средних широт. В северном полушарии в среднем наблюдается некоторое увеличение содержания озона в средней (35–40 км) и нижней (12–15 км) стратосфере. Однако рост концентрации стратосферного озона установлен далеко не во всех регионах, в отдельных районахвыявлено наличие небольшого отрицательного тренда.

При положительной динамике стратосферного озона отмечается, что за период, в течение которого наблюдался отрицательный тренд озона, стратосфера стала в среднем холоднее, особенно в полярных районах обоих полушарий, что может повлиять на сроки восстановления озонового слоя, так как низкие температуры в полярной стратосфере создают условия для разрушения молекул озона. Именно из-за низких температур в стратосфере, начиная с 1980-х годов, ежегодно весной в Южном полушарии над Антарктидой происходят значительные потери озона (явление, получившее название Антарктической озоновой дыры). Причиной разрушения озона над Антарктидой являются химические реакции озона и озоноразрушающих веществ на частицах стратосферных полярных облаков, которые формируются при очень низких температурах. Разрушение озона за

счет химических реакций возможно и в области Северного полюса, однако в силу циркуляционных особенностей, существующих в Северном полушарии, условия для разрушения озона по «антарктическому» сценарию не носят регулярного характера. Такие ситуации возникали в марте 2000 и марте 2007 г. и существовали непродолжительное время, соответственно потери озона не были велики.

В 2011 г. сложилась иная ситуация. В зимнее время в полярной области северного полушария циркуляционные процессы протекали таким образом, что арктическая стратосфера значительно остыла, и над акваторией Северного Ледовитого океана в феврале возникли условия для формирования стратосферных полярных облаков, начала формироваться область с низкими значениями ОСО. Уже в первых числах марта дефицит озона в ней в отдельные дни местами достигал 50%, размеры области с дефицитом ОСО росли. В последней декаде марта эта область сдвинулась в сторону Евразии, и вся Северная Европа оказалась под ее влиянием. Область с дефицитом озона над северной частью Евразии просуществовала до конца апреля. Время от времени под ее влиянием оказывалась и территория Беларуси.

Потери озона в Арктике весной 2011 г. и определили динамику озоносферы над территорией Беларуси. Сезонный ход ОСО в 2011 г. можно рассматривать как аномальный, так как он отличался отсутствием годового максимума ранней весной.

В предыдущие годы (2009, 2010) среднемесячные значения ОСО над территорией Беларуси были близки к многолетним средним значениям (которые можно рассматривать как климатическую норму для региона). В зимние месяцы и ранней весной наблюдалось превышение среднемесячных значений на 6–7% (рис. 3.27). В 2011 г. в течение почти всего года (за исключением января и февраля) наблюдался дефицит содержания озона в атмосфере. Среднемесячные значения ОСО над территорией Беларуси в 2011 г. в течение почти всего года (исключение составили январь и февраль) были ниже средних многолетних значений. Отклонения среднемесячных величин от нормы летом составляли большей частью –1…–3%, максимальны они были в марте, апреле и ноябре (–8…–9%). Среднегодовое значение ОСО в 2011 г. было самым низким за все время наблюдений – 319 ЕД. Максимальное значение ОСО было отмечено 6 марта и составило 425 ЕД, минимальное – 15 ноября – 225 ЕД (на 20% ниже нормы).

В 2011 г. над территорией Беларуси наблюдалось 8 озоновых «мини-дыр» (отрицательных озоновых аномалий). Одна из них – арктическая весенняя озоновая аномалия, которая в конце марта и в

апреле время от времени располагалась над Беларусью, вызывая иногда значительный дефицит озона в атмосфере (13 апреля дефицит ОСО составил 26%).

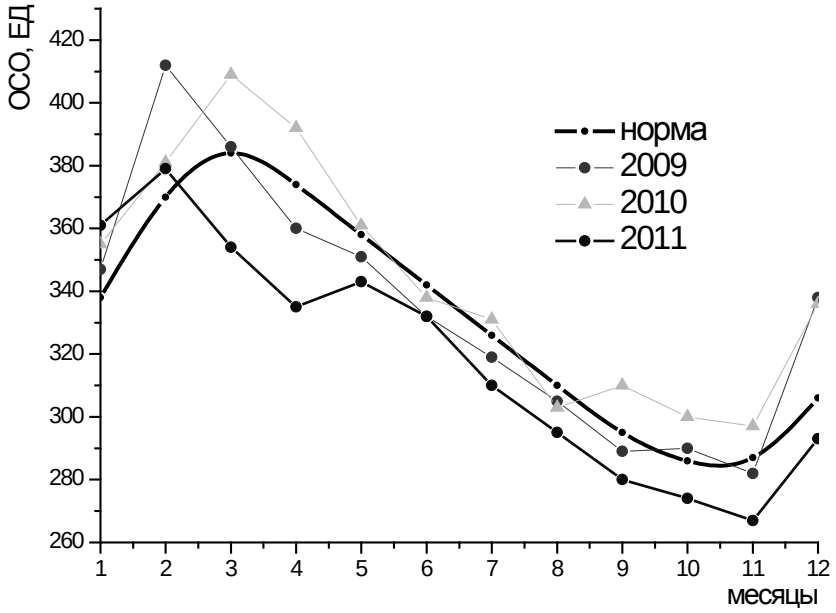

Рис. 3.27. **Среднемесячные значения общего содержания озона в 2009–2011 гг. и климатическая норма для территории Беларуси**

Антарктическая озоновая «дыра» в 2011 г. начала формироваться в середине августа и к середине сентября площадь ее составила более 25 млн км^2 – одна из самых больших по размеру за последнее десятилетие. Край области с низким содержанием озона в сентябре располагался над Южной Америкой. Потери озона во время этого явления также были значительны.

Таким образом, 2011 г. отличался большими потерями озона в атмосфере над обоими полюсами в весеннее время. Несмотря на успехи международного сотрудничества в области сохранения озонового слоя Земли, ситуация остается сложной.

Спектры и дозы биологически активного солнечного излучения. В 2011 г. измерения спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО) земной поверхности в спектральном

диапазоне 285–450 нм проводились в автоматическом режиме на Минской озонометрической станции с помощью ультрафиолетового спектрорадиометра ПИОН-УФ с восхода до захода солнца.

На основе измеренных спектров СПЭО определялись значения УФ индекса, а также рассчитывались дневные (суточные) дозы УФ облучения для ряда биологических эффектов (эритемы, повреждения ДНК, рака кожи, катаракты) с различными спектрами действия.

На рисунке 3.28 показано распределение суточных эритемных доз, полученное обработкой спектров, измеренных в 2011 г.

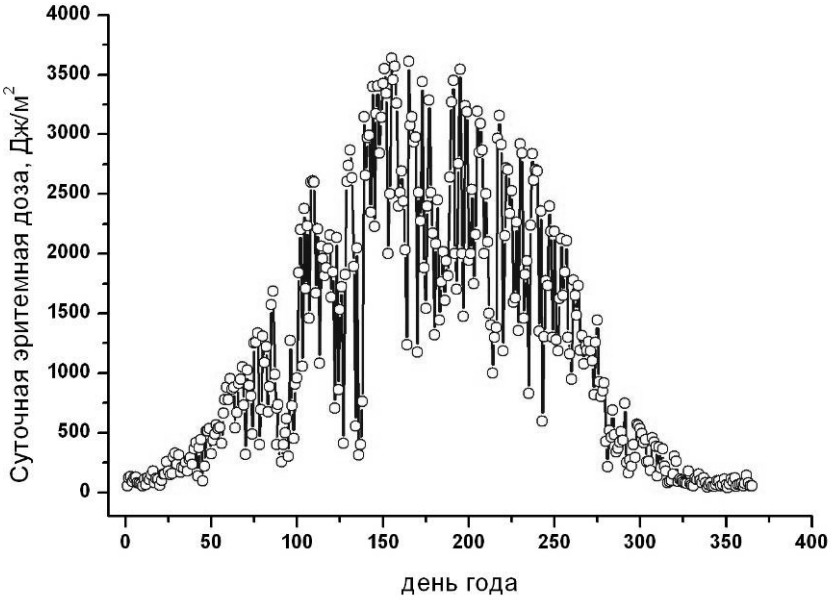

Рис. 3.28. **Экспериментальные значения суточных эритемных доз солнечного УФ излучения в 2011 г.**

Суммарная годовая доза, зарегистрированная в 2011 г. (440 кДж/м^2), несколько выше, чем в 2007–2010 гг., и превышает среднюю дозу за период измерений (2003–2011 гг.) – 406 кДж/м^2.

Приземный озон. В 2011 г. измерения концентрации приземного озона на озонометрической станции ННИЦ МО БГУ проводились прибором TEI 49C. В течение первой половины года измерения выполнялись круглосуточно.

Годовой ход концентрации приземного озона в 2011 г. был приблизительно таким же, как и в предыдущие годы (рис. 3.29). Сохраняется тенденция к постепенному снижению концентрации от года к году. Устойчивый отрицательный тренд (приблизительно 1 ppb в год) особенно хорошо проявляется на графике среднемесячных значений за весь период наблюдений (рис. 3.30).

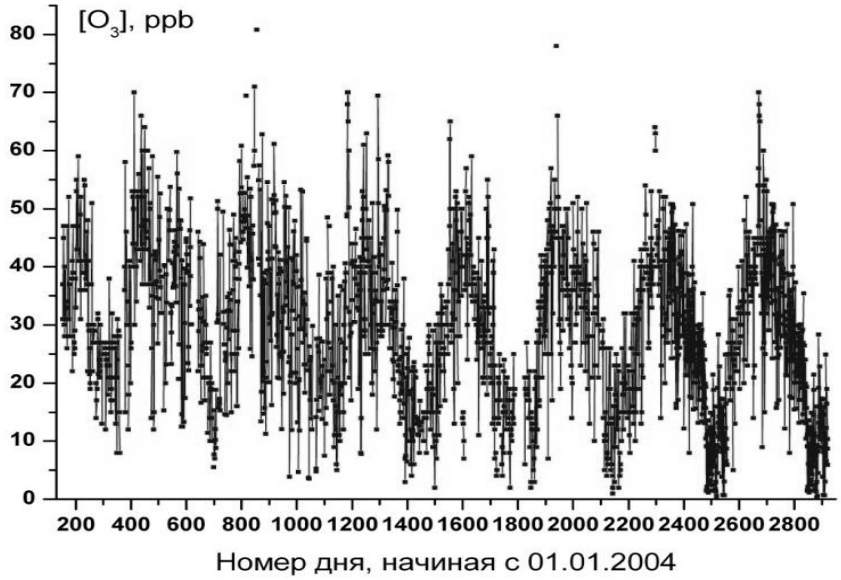

Рис. 3.29. **Концентрации приземного озона, измеренные на озонометрической станции ННИЦ МО БГУ, в 10 часов по Гринвичу (около местного полудня) за период 2004–2011 гг.**

По-прежнему наблюдается хорошая корреляция среднемесячных значений концентрации приземного озона для г.Минска и литовской станции в Прейле, расположенной на берегу Балтийского моря. В частности, на обеих станциях в 2011 г. зафиксирован весенний максимум концентрации озона (правда, в Прейле он наблюдался на месяц позже – в мае). Тренд концентрации приземного озона на литовской станции также отрицателен, но приблизительно в 2 раза меньше, чем в Минске. Отличительной особенностью является заметно меньшая амплитуда суточного хода концентрации озона в Прейле по сравнению с Минском. Такая разница объясняется более мягким (морским) климатом, характерным для Прейлы.

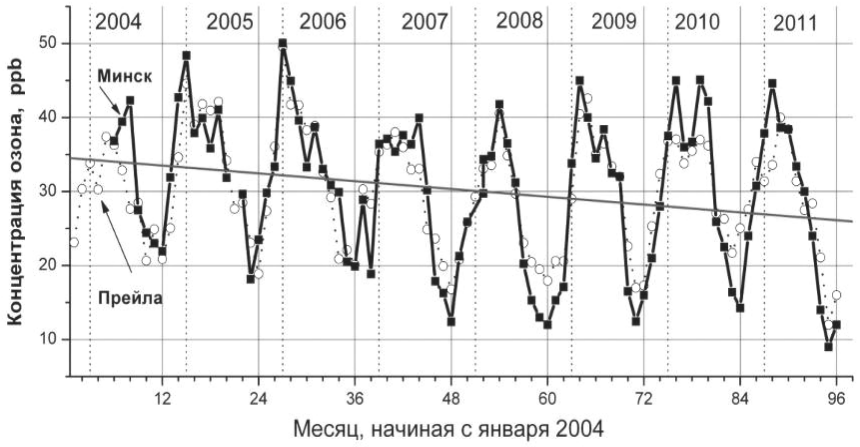

Рис. 3.30. **Среднемесячные значения полуденных концентраций приземного озона в Минске и Прейле. Показан также отрицательный тренд озона по результатам измерений в Минске**

Хорошая корреляция среднемесячных концентраций озона в промышленном центре – Минске и экологически чистой зоне – Прейле свидетельствует об отсутствии значительного антропогенного воздействия на концентрацию приземного озона в Минске. В то же время среднедневные концентрации озона и его суточный ход в сильной степени зависят от метеоусловий. Поэтому попытка выделения обусловленного загрязнением воздуха вклада в формирование концентрации приземного озона представляет собой достаточно сложную задачу. Для ее решения требуется предварительно исключить заведомо более сильные эффекты метеорологического характера.

В 2011 г. начались регулярные измерения концентрации приземного озона на пунктах наблюдений Департамента по гидрометеорологии. Помимо озона ведется мониторинг концентрации первичных загрязнителей естественного и антропогенного происхождения – оксидов азота, серы и углерода, летучих органических соединений, а также аэрозолей. Результаты измерений в пунктах наблюдений, расположенных в различных по степени антропогенной нагрузки районах г.Минска и в разных регионах Беларуси (Могилев, Витебск и Березинский биосферный заповедник) дают возможность судить о степени влияния загрязнения антропогенного происхождения на концентрацию приземного озона.

На рисунке 3.31 приведены результаты измерения концентрации приземного озона и оксидов азота во второй половине июня 2011 г. на пункте наблюдения, находящемся в районе ул.Корженевского (пост № 11). Хорошо заметна антикорреляция концентраций оксидов азота (особенно NO_2) и приземного озона.

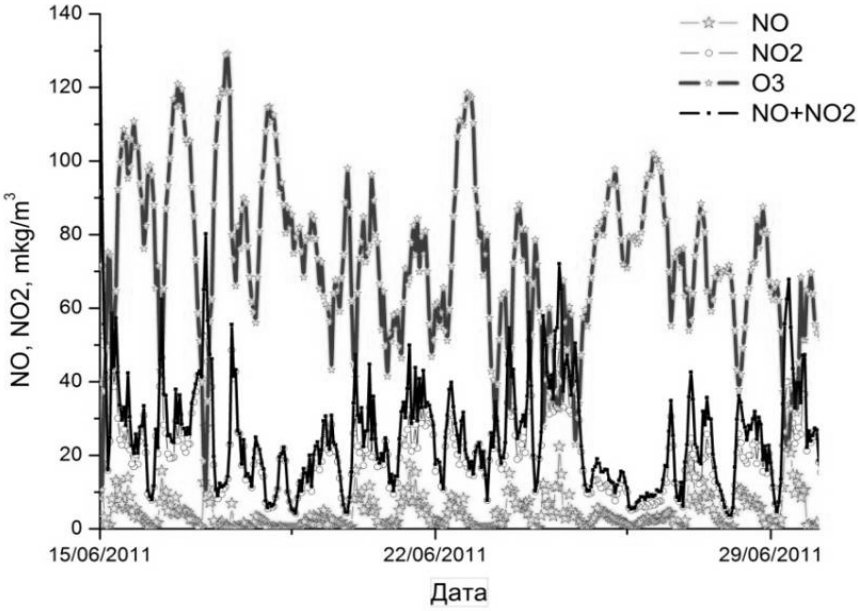

Рис. 3.31. **Результаты измерений концентраций оксидов азота и приземного озона в Минске на пункте № 11 во второй половине июня 2011 г.**

В суточном ходе содержания приземного озона «провалы» (правда, меньшей интенсивности) наблюдаются также при возрастании концентраций оксида углерода и летучих органических соединений.

Аэрозольные оптические толщины и другие параметры аэрозолей. Мониторинг характеристик аэрозольной составляющей атмосферы в 2011 г. проводился на базе лидарного комплекса, созданного в Институте физики НАН Беларуси для контроля верхней тропосферы и стратосферы.

25–26 мая 2011 г. на высоте около 2 км наблюдалось проникновение вулканического пепла в воздушный бассейн Беларуси после

извержения вулкана Grimsvötn в Исландии. Вулканическое извержение в Исландии в 2011 г. было намного слабее подобного события в апреле–мае 2010 г.

Вулканический пепел, состоящий из частиц несферической формы с размерами от нескольких микрон до десятков микрон, распространялся выше пограничного слоя на высоте около 2–3 км. Траектория его переноса проходила над Северной Европой, затрагивая территорию Беларуси. Результаты комплексных лидарных и радиометрических измерений позволили идентифицировать слои на высотах от 1–2 км как облака вулканического пепла. Различие с прогнозом в динамике развития ситуации составляло по времени порядка 3–4 часов, по высоте облака – около 1 км.

Появление аэрозольных слоев в стратосфере зафиксировано и в июле 2011 г. Аэрозольные слои в стратосфере были обнаружены станциями европейской лидарной сети EARLINET. С большой вероятностью их формирование было следствием извержения вулкана Nabro (Эритрея, Восточная Африка). Серия извержений началась 12 июня. В Минске на лидарной станции Института физики НАН Беларуси 20 июня были зарегистрированы аэрозольные слои в стратосфере на высотах 13 и 17 км.

3.6. Радиационный мониторинг атмосферного воздуха

В 2011 г. на территории Беларуси функционировало 55 пунктов наблюдений радиационного мониторинга по ежедневному измерению мощности дозы гамма-излучения (МД).

В пробах радиоактивных аэрозолей ежедневно измерялась суммарная бета-активность, а в пробах, отобранных в зонах влияния работающих АЭС, дополнительно и содержание короткоживущих радионуклидов, в первую очередь – иода-131.

В марте–апреле 2011 г. зафиксирован йод-131, а также увеличение содержания цезия-137 в пробах аэрозолей, обусловленное воздушным переносом радионуклидов от АЭС «Фукусима-1». Наблюдалось два пика концентраций йода-131 в атмосферном воздухе: первый пик отмечен 29–31 марта, второй – 3–4 апреля. Максимальные уровни содержания йода-131 наблюдались 3 апреля в Могилеве и Мстиславле.

Обнаруженные концентрации не представляли угрозы для здоровья населения страны.

Среднегодовая активность цезия-137 в контролируемых пунктах наблюдения была в диапазоне от $9 \cdot 10^{-6}$ до $42 \cdot 10^{-6}$ Бк/м^3, что на 6 порядков ниже значений допустимой среднегодовой объемной активности цезия-137 в атмосферном воздухе для населения согласно НРБ-2000. Объемная активность йода-131 в пробах аэрозолей в марте–апреле 2011 г. на территории страны находилась в диапазоне от $1{,}9 \cdot 10^{-5}$ до $5{,}8 \cdot 10^{-3}$ Бк/м^3.

Радиационная обстановка на территории Беларуси в 2011 г. оставалась стабильной. Измерения МД, проведенные в марте и апреле, не выявили ни одного случая превышения уровней МД над установившимися многолетними значениями этого параметра.

Как и прежде, уровни МД, превышающие доаварийные значения, зарегистрированы в контролируемых городах, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения: Брагин, Наровля, Славгород, Хойники, Чечерск.

Среднегодовые значения МД в 2011 г. составляли: в Брагине – 0,58 мкЗв/ч, Наровле – 0,48, Славгороде – 0,22, Хойниках – 0,24, в Чечерске – 0,22 мкЗв/ч. В областных городах среднегодовой уровень МД находился в пределах от 0,10 до 0,12 мкЗв/ч.

В остальных контролируемых населенных пунктах МД не превышала уровень естественного гамма-фона (до 0,20 мкЗв/ч).

В таблице 3.18 представлены среднемесячные значения суммарной бета-активности и содержания цезия-137 в пробах радиоактивных аэрозолей приземного слоя атмосферы за 2011 г.

Анализ результатов измерений суммарной бета-активности атмосферных аэрозолей в 2011 г. показывает, что наибольшие среднемесячные уровни наблюдались в феврале в Могилеве – $37{,}3 \cdot 10^{-5}$ Бк/м^3, Мстиславле – $29{,}1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м^3 и Минске – $30{,}0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м^3, а также в октябре в Гомеле – $21{,}7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м^3.

Среднегодовые значения суммарной бета-активности проб радиоактивных выпадений из атмосферы в пунктах наблюдений, расположенных на территориях, пострадавших от катастрофы на ЧАЭС, составили: Могилев – 1,3 Бк/м^{2}сут, Наровля – 0,7 Бк/м^{2}сут, Хойники – 0,8 Бк/м^{2}сут, Брагин – 0,8 Бк/м^{2}сут, Чечерск – 0,6 Бк/м^{2}сут, Мозырь – 0,6 Бк/м^{2}сут.

Таблица 3.18

Среднемесячные значения суммарной бета-активности (∑β) и содержания цезия-137 (^{137}Cs) в радиоактивных аэрозолях приземного слоя атмосферы в 2011 г.

Месяц	Мозырь		Браслав		Гомель		Минск		Могилев		Мстиславль		Пинск	
	$1 \cdot 10^{-5}$ Бк/м^3													
	∑ β	^{137}Cs	∑ β	^{137}Cs	∑ β	^{137}Cs	∑ β	^{137}Cs	∑ β	^{137}Cs	∑ β	^{137}Cs	∑ β	^{137}Cs
01	15,6	1,71	11,2	0,04	11,2	0,33	21,3	1,70	26,0	1,20	25,9	0,70	10,0	0,93
02	13,4	2,23	23,2	0,13	12,8	0,69	30,0	1,71	37,3	0,69	29,1	0,36	21,5	1,02
03	22,3	1,93	11,3	2,83	10,6	0,89	25,5	9,53	24,1	2,71	17,2	2,58	16,6	3,28
04	21,9	9,72	9,1	5,48	16,4	8,97	22,9	13,77	41,6	6,48	18,7	5,92	15,6	4,64
05	15,9	0,21	7,8	0,22	11,6	1,46	16,7	0,96	16,3	0,67	13,8	0,73	11,9	2,35
06	10,8	1,42	9,0	0,56	12,4	0,95	20,3	3,79	15,0	0,33	13,8	0,21	14,0	0,76
07	8,0	0,76	15,2	0,62	18,5	0,57	15,0	8,84	31,0	0,40	17,3	0,11	13,9	0,67
08	16,2	0,85	11,4	0,03	16,5	0,81	17,0	1,80	34,7	0,32	15,0	0,22	11,1	0,48
09	13,8	0,88	9,0	0,57	11,5	0,69	16,0	0,74	11,7	0,50	10,5	0,22	10,8	0,73
10	14,6	0,65	10,3	0,16	21,7	1,05	19,3	6,03	17,3	1,16	16,9	0,47	14,2	1,23
11	16,0	0,71	10,1	0,12	20,3	1,47	23,0	0,49	26,7	1,01	13,3	0,51	12,0	1,05
12	15,0	0,51	6,7	0,11	11,0	0,85	10,0	0,77	18,0	1,00	19,6	0,38	12,2	0,87
ср	15,3	1,80	11,2	0,91	14,5	1,56	19,8	4,18	25,0	1,37	17,6	1,03	13,7	1,50